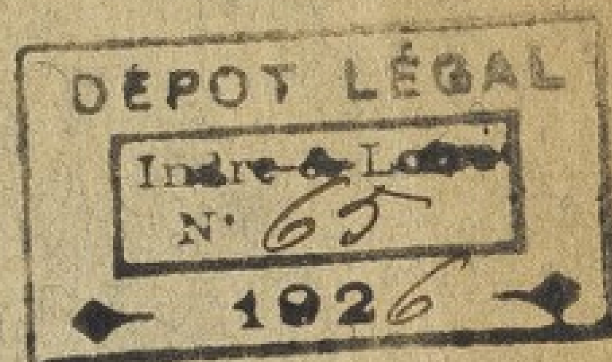
La Photographie stéréoscopique en noir et en couleur. Ouvrage illustré de 105 gravures / Ernest Coustet

BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE DE PHOTOGRAPHIE

ERNEST COUSTET



LA PHOTOGRAPHIE Stéréoscopique

EN NOIR ET EN COULEUR

Ouvrage illustré de 105 gravures

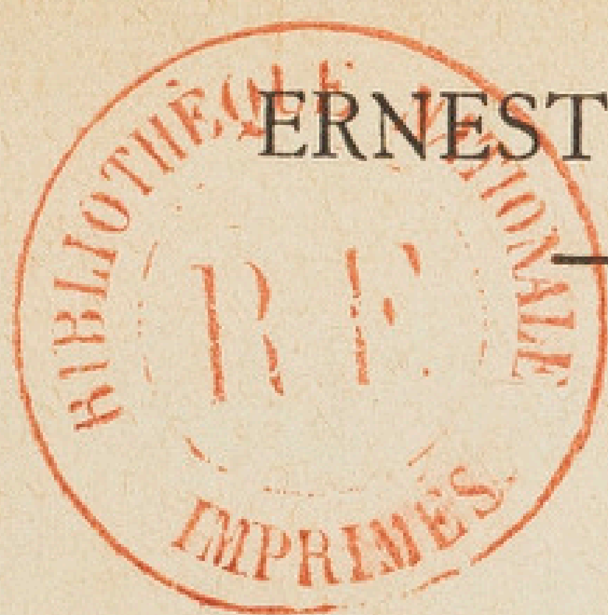
PARIS
CHARLES-MENDEL, ÉDITEUR
JEAN DE FRANCIA, Successeur
118 ET 118 bis, RUE D'ASSAS

LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE

en noir et en couleurs



ERNEST COUSTET



LA

PHOTOGRAPHIE

Stéréoscopique

EN NOIR ET EN COULEUR

Ouvrage illustré de 105 gravures

PARIS

CHARLES-MENDEL, ÉDITEUR

JEAN DE FRANCIA, Successeur

118 ET 118 *bis*, RUE D'ASSAS

LA

PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE

EN NOIR ET EN COULEURS

CHAPITRE PREMIER

LE STÉRÉOSCOPE

1. — Invention du Stéréoscope

On lit, dans l'*Odyssée* :

> Εἰσί μοι ὀφθαλμοί..... ἄμφω,
> Καὶ νόος στήθεσσι τετυγμένος οὐδὲν ἀειχής.

(J'ai des yeux... deux yeux,
Et une sensation intérieure qui en résulte sans rien d'étrange.)

Ce texte n'est pas très clair, et on ne saurait s'en étonner, s'il est vrai, comme l'affirme la légende, qu'Homère était aveugle. En tout cas, si les particularités de la vision binoculaire étaient très confusément connues du temps

des aèdes, il ne faudrait pas en conclure qu'elles soient restées ignorées dans toute l'antiquité.

On en trouve, en effet, la notion très nette dans les ouvrages d'Euclide, le savant géomètre grec, contemporain d'Archimède, qui professait les mathématiques à l'école d'Alexandrie, en Égypte, 300 ans avant notre ère. « Voir le relief, dit-il (στερεόν σκοπεῖν), c'est recevoir, au moyen de chaque œil, l'impression simultanée de deux images dissemblables du même objet. »

Galien, le célèbre médecin grec, qui vécut à Rome sous l'empereur Marc-Aurèle, fait également allusion à la sensation concomitante qui résulte des deux images distinctes perçues par nos yeux.

Ce ne sont là, cependant, que de vagues conjectures, et il faut arriver au seizième siècle pour trouver clairement énoncée la théorie de la vision binoculaire.

C'est dans un manuscrit rédigé à Milan, vers 1584, que Léonard de Vinci, ce génie universel, précise la différence qui existe entre les images d'un même objet vues par chacun des deux yeux et la sensation de relief qui résulte de la combinaison de ces deux impressions.

Deux passages laissés par le grand artiste florentin méritent d'être reproduits :

« Il arrive souvent aux peintres de se désespérer, lorsqu'en cherchant à imiter la nature, ils s'aperçoivent que leurs tableaux ne présentent pas ce relief et cette vigueur qu'ont les objets vus dans un miroir ; ils prétendent pourtant que leurs couleurs , avec l'effet du

clair-obscur, surpassent de beaucoup la qualité des lumières et des ombres de l'objet qu'on voit dans un miroir. Ils s'en prennent, dans ce cas, à leur propre impéritie, au lieu d'accuser la véritable cause qu'ils ne connaissent pas. Il est impossible en effet qu'un tableau présente un relief semblable à celui que donne un miroir bien que tous deux soient une superficie, à moins toutefois que ce tableau ne soit observé d'un seul œil. La raison, la voici :

« Soient deux yeux (fig. 1) qui voient un objet et plus loin un autre, comme A B qui voient M N. M ne peut

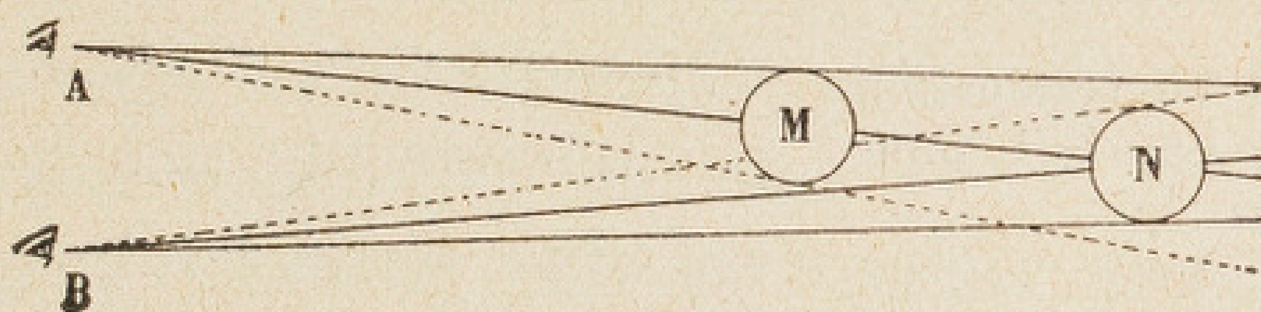


Fig. 1. — La vision binoculaire, d'après Léonard de Vinci.

occulter entièrement N, parce que la base de la ligne de vision est assez large pour qu'on voie le second corps à la suite du premier ; mais, si l'on ferme un œil, B par exemple, le corps M éclipsera N, parce que la ligne visuelle part d'un seul point et forme la base du premier corps, et c'est ce qui fait que le second qui est de même grandeur ne pourra plus être vu. » (Chapitre 53.)

« Il est impossible qu'une peinture imitée avec toute la perfection possible de lignes, d'ombres, de lumières et de couleurs, puisse présenter le même relief que la nature , à moins qu'on ne la regarde de loin et avec un

seul œil. On le prouve ainsi : soient deux yeux A B (fig. 2) qui voient l'objet C avec le concours des lignes des yeux A C et B C; je dis que les lignes latérales verront derrière cet objet l'espace G D ; que l'œil A voit tout l'espace F D, et l'œil B l'espace G E. Donc les deux yeux voient derrière l'objet C tout l'espace F E, et il s'ensuit que l'objet C est comme s'il était transparent, du moins d'après la définition qu'on donne de la transparence : c'est un corps qui n'intercepte rien de ce qui est situé derrière lui, ce qui ne peut arriver à celui qui voit avec un seul œil un objet plus grand que l'œil lui-même. Ce qui vient d'être dit suffit pour tirer la conclusion de notre proposition : en effet, un objet représenté par la peinture intercepte tout l'espace situé derrière lui, et il n'existe aucun moyen possible de voir aucune partie du champ situé derrière les lignes de son périmètre. » (Chapitre 341.)

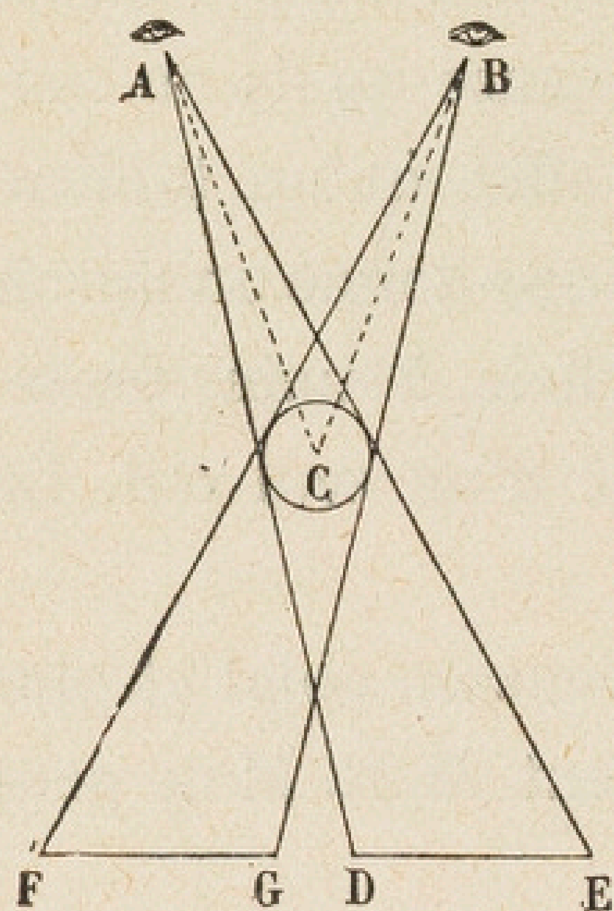


Fig. 2. — La vision binoculaire, d'après Léonard de Vinci.

Neuf ans plus tard, G.-B. della Porta entreprit des recherches sur le même sujet. Le physicien napolitain nous a laissé un dessin si précis des deux images d'un même objet, telles que les voit chacun de nos deux yeux, et de l'image combinée qui résulte de la superposition des deux premières, qu'on pourrait y voir non seulement le

principe mais encore la construction même du stéréoscope.

Deux dessins analogues, exécutés par Jacopo Chimenti da Empoli, peintre de l'école florentine (1554-1640) attestent que l'enseignement du Vinci et de Porta avait frappé leurs élèves et leurs continuateurs dans l'ordre des sciences et de l'art. Ces documents ont été découverts au musée Wicar, à Lille, par Alexandre et John Brown. Ce sont des dessins traités à la plume et lavés de bistre, qui représentent un personnage assis sur un tabouret bas, dessinant et tenant un compas dans la main gauche. Les deux images diffèrent légèrement l'une de l'autre et, regardées à l'aide d'un stéréoscope à miroirs ou réduites et examinées dans un stéréoscope ordinaire, elles donnent une impression très nette de relief.

François Aiguillon, dans un *Traité d'optique*, publié à Anvers, en 1613, rappelle que Porta eut connaissance de la vision binoculaire d'images distinctes ; mais il ne nous apprend rien de nouveau sur ce sujet. Peu après, le Français Gassendi, et, plus tard, les Anglais Harris et Smith émirent des opinions très nettes sur la même question, cherchant à expliquer le fait de la vision simple d'un objet par deux yeux.

En 1832, H. Mayo avait publié, dans la 3e édition de ses *Outlines of human physiology*, quelques considérations théoriques très justes sur la vision binoculaire ; mais, pas plus que ses prédécesseurs, il n'avait construit l'instrument nécessaire à la démonstration de ses hypothèses.

De Haldat, vers 1834, entreprenait dans cette voie les premiers essais pratiques connus ; mais, pendant qu'il se livrait à ses recherches, le physicien anglais Wheatstone, qui s'occupait de travaux analogues dans le but de déterminer les conditions de la vue simple avec les deux yeux, construisit un instrument qui montrait en relief des images planes et qu'il nomma *stéréoscope* (du grec στερεός, solide et σκοπέω, je vois).

Cet instrument fut présenté le 25 juin 1838, à la Société royale de Londres. Deux dessins d'un même objet le représentaient sous les perspectives légèrement différentes qui correspondent à chacun des deux yeux. Ces deux dessins étaient placés verticalement, l'un en

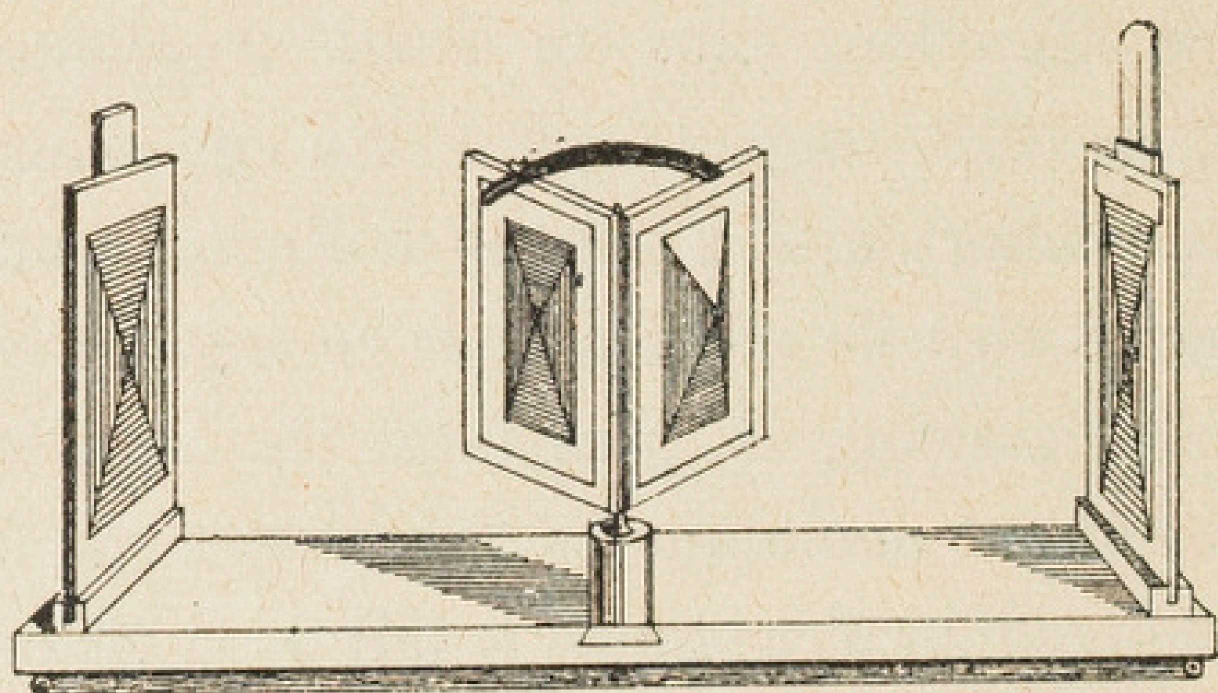


Fig. 3. — Stéréoscope de Wheatstone.

face de l'autre, aux deux extrémités d'un socle horizontal. Deux miroirs assemblés comme le sont les deux couvertures d'un livre relié que l'on ouvre à moitié renvoyaient les deux images vers les yeux de l'observateur, qui apercevait ainsi le sujet en relief (fig. 3).

L'invention de Wheatstone fut peu remarquée. Elle était même entièrement oubliée, lorsque, dix ans plus tard, David Brewster imagina une disposition plus commode. Le stéréoscope à miroirs, excellent pour démontrer le principe de la fusion des images, était loin de réunir les conditions de simplicité nécessaires pour un instrument à la portée de tout le monde. Il était lourd et volumineux, et la sensation du relief exigeait un réglage des miroirs, une mise au point relativement délicate. L'inventeur s'en était d'ailleurs si bien rendu compte, qu'il avait cherché à perfectionner son appareil. Il avait essayé, notamment, de substituer des prismes aux miroirs ; mais il n'aboutit pas à des résultats satisfaisants.

Il est probable que, sans la découverte de la photographie, le stéréoscope serait resté une simple curiosité de cabinet de physique, un instrument de démonstration, au même titre que le disque de Newton, le flacon de Mariotte ou les hémisphères de Magdebourg. En effet, le tracé des deux perspectives correspondant à la vision binoculaire exige le travail minutieux d'un dessinateur habile. S'il est relativement facile de montrer en relief par ce moyen de simples figures géométriques, un cube, une pyramide, etc., il n'en est pas de même pour un portrait, un paysage, un monument d'architecture compliqué.

Or, à l'époque où Wheatstone présentait son premier stéréoscope, la découverte de Daguerre n'était pas en-

core divulguée. Et, lorsqu'elle le fut, les expériences de vision binoculaire étaient déjà oubliées.

La photographie réalise à merveille, et le plus simplement du monde, les images nécessaires à la stéréoscopie, puisqu'il suffit d'exécuter deux reproductions d'un même objet prises de deux points de vue légèrement différents. Cependant, les images daguerriennes se seraient difficilement prêtées à l'examen binoculaire : le miroitement de la surface argentée, la nécessité de regarder la plaque sous un jour et sous une incidence strictement déterminés, auraient singulièrement nui aux observations. Par ailleurs, l'imperfection des premiers objectifs n'aurait pas permis de tirer des nouveaux procédés tout le parti qu'on aurait pu en espérer.

Avec la photographie sur verre et sur papier, il devenait facile d'exécuter les images propres à la vision en relief, et c'est probablement ce qui incita David Brewster à perfectionner l'instrument de Wheatstone. Celui qu'il construisit et qui reçut le nom de *stéréoscope par réfraction* fut connu dès le mois de mars 1849 par un Mémoire lu à la Société royale d'Écosse et publié, l'année suivante, dans le *Philosophical magazine*. Les deux images étaient contiguës et placées dans une petite boîte, à quelques centimètres des deux oculaires, constitués par des prismes à base triangulaire. La figure 4 met sous les yeux du lecteur le stéréoscope de Brewster, et le schéma suivant en explique la disposition intérieure. Les yeux O O de l'observateur, placés devant les prismes P P' voient en

A' B' la double image A B, dont les deux éléments se trouvent superposés par l'effet de la réfraction, c'est à dire par la déviation que subit la lumière en traversant les prismes.

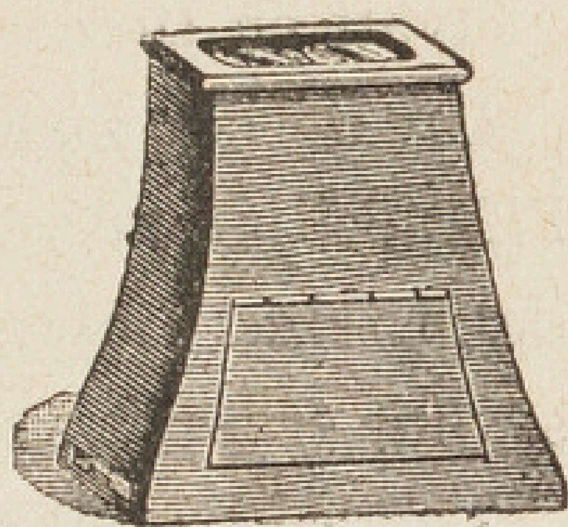


Fig. 4. — Stéréoscope à prismes.

Malgré sa simplicité de construction et la beauté des effets optiques qu'il permettait d'observer, le nouvel instrument fut d'abord peu apprécié ; il aurait peut-être subi le même sort que celui de Wheatstone, sans la persévérance de son inventeur.

Après avoir vainement essayé, pendant deux ans, de vaincre l'indifférence ou l'hostilité des opticiens anglais,

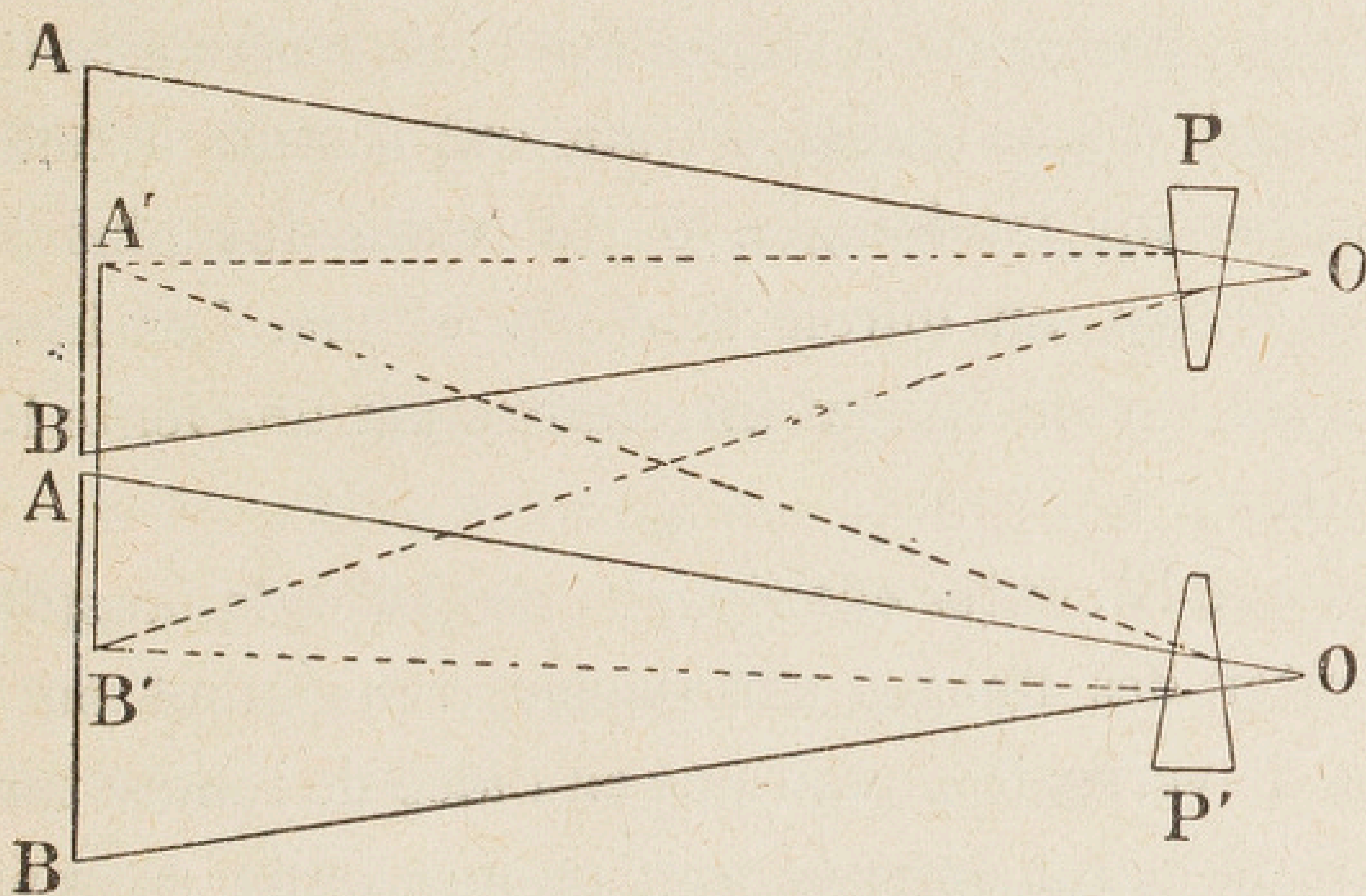


Fig. 5. — Marche des rayons dans le stéréoscope à prismes.

Brewster vint à Paris, en 1850. L'abbé Moigno, directeur du journal *le Cosmos*, fut émerveillé des effets du

stéréoscope, et le fit voir aux opticiens Duboscq et Soleil, qui comprirent immédiatement le parti qu'on pouvait en tirer et en construisirent aussitôt plusieurs.

Un de ces instruments figurait, l'année suivante, à l'Exposition universelle de Londres. Il attira l'attention de la reine Victoria, et, dès ce moment, l'invention du savant écossais se répandit dans le monde entier.

Tel que l'avait d'abord construit Brewster, le stéréoscope était formé d'une boîte en bois ou en forme de tronc de pyramide quadrangulaire de 13 centimètres environ de hauteur. Sa plus grande base, destinée à recevoir les images à observer, mesurait à peu près 10 centimètres de largeur. La base opposée n'avait que la largeur nécessaire au logement des prismes. Sur l'une des parois, une porte à charnières était recouverte intérieurement d'une feuille d'étain qui servait à refléter la lumière sur les images. Cette feuille fut plus tard remplacée par un miroir en verre étamé. Les images collées sur carton étaient introduites par une fente latérale (fig. 4).

Bien que Brewster eût signalé, dès 1850, la possibilité d'exécuter des images sur papier transparent ou sur plaque de verre, il n'avait pas eu l'idée de rendre transparente la paroi opposée aux prismes, afin de rendre possible l'éclairage des images qu'on ne peut observer que par lumière transmise. Ce fut Duboscq qui remplaça le premier cette paroi opaque par un verre dépoli.

Une cloison opaque séparait primitivement la boîte

en deux compartiments, à partir de l'intervalle entre les prismes jusqu'à proximité des images. Cette cloison fut ensuite jugée inutile.

Afin que chaque observateur pût régler facilement la position des prismes selon sa vue, on les plaça dans un double tube analogue à celui des jumelles de théâtre, avec une crémaillère permettant de modifier la distance entre les oculaires et les images. Cette disposition fut conservée, quand les prismes furent remplacés par des lentilles.

Brewster avait lui-même modifié ses oculaires prismatiques, en coupant une lentille biconvexe en deux parties égales et en disposant ces deux moitiés à côté l'une de l'autre, les deux demi-circonférences en regard et les diamètres à l'extérieur. On réunissait ainsi l'effet des prismes et le pouvoir grossissant des lentilles. Hermagis reconnut que la sensation du relief est indépendante des prismes, d'ailleurs fatigants pour la vue. Il construisit, en 1856, le stéréoscope à lentilles parallèles, qui ont le double avantage de laisser l'œil au repos et d'agrandir les images.

Depuis cette époque, le stéréoscope n'a subi que des modifications de détail. Les dispositions actuellement adoptées seront mieux comprises quand nous aurons exposé les lois de la vision binoculaire.

2. — La Vision binoculaire

On désigne sous le nom de *stéréogramme* le couple d'images que l'on voit en relief dans le stéréoscope. Chaque objet s'y trouve donc représenté deux fois, excepté sur les bords extrêmes de chaque image, et les deux reproductions du même point ont reçu la dénomination de *points homologues*.

Les stéréogrammes sont ordinairement obtenus en dirigeant vers le sujet à reproduire un appareil photographique muni de deux objectifs séparés l'un de l'autre par une distance autant que possible égale à celle de nos yeux. C'est cet écart entre les deux points de vue qui provoque la sensation de profondeur et de relief des objets représentés sur une surface plane. La différence de perspective contribue de deux manières à différencier les plans. D'abord, comme Léonard de Vinci l'avait remarqué, l'écart qui existe entre nos deux yeux nous permet d'apercevoir une partie des objets placés derrière un objet opaque plus rapproché (voir fig. 1). Or, les deux objectifs photographiques reproduisant deux perspectives différentes, nous voyons également, dans le stéréoscope, une partie des objets placés derrière un corps opaque, qui semble ainsi se détacher des objets plus éloignés.

Une autre impression s'ajoute à la première et achève de nous procurer une irrésistible illusion de la réalité. Nos yeux se déplacent dans leurs orbites : ils le font

simultanément, quand nous suivons du regard un objet qui se déplace ou quand nous voulons voir successivement les diverses parties d'une surface trop vaste pour être aperçue tout entière d'un seul coup d'œil. Mais chaque œil peut, en outre, se déplacer d'une manière indépendante, suivant l'éloignement des objets. Dans son *Cours de Physiologie*, Mathias Duval définit ainsi les conditions de la vue simple avec les deux yeux : « Pour qu'un point, qui vient faire son image dans les deux yeux et par suite donne lieu à deux impressions rétiniennes, ne produise qu'une seule impression dans les organes nerveux centraux, sur le cerveau, il faut qu'il vienne se peindre sur *deux points similaires* des deux rétines : chaque fois que nous voyons double, comme dans le *strabisme*, c'est qu'il y a défaut de symétrie entre les points ébranlés dans chaque rétine. »

Or, pour qu'un point projette son image sur deux points similaires de la rétine, quelle que soit sa distance, il est indispensable que les deux yeux soient susceptibles de se déplacer indépendamment l'un de l'autre. Il est facile de vérifier que, lorsqu'après avoir fixé un objet éloigné, on reporte le regard sur un objet très rapproché situé dans la même direction, on éprouve un rapprochement des prunelles. M. L. Stockhammer a mesuré l'écartement des prunelles dans les deux cas : il a trouvé 72 millimètres dans le premier, et seulement 66 dans le second.

Ces changements de convergence s'expliquent par

une construction géométrique bien simple. Les yeux A et B (fig. 6) doivent converger beaucoup plus pour fixer un point rapproché C que pour fixer un point éloigné D. Le même changement de convergence s'opère également dans l'observation stéréoscopique : les yeux qui fixent successivement les plans différents d'une image stéréoscopique sont obligés de se déplacer, comme s'ils étaient en présence de la réalité, par suite de la différence d'écart existant entre les points homologues des deux images.

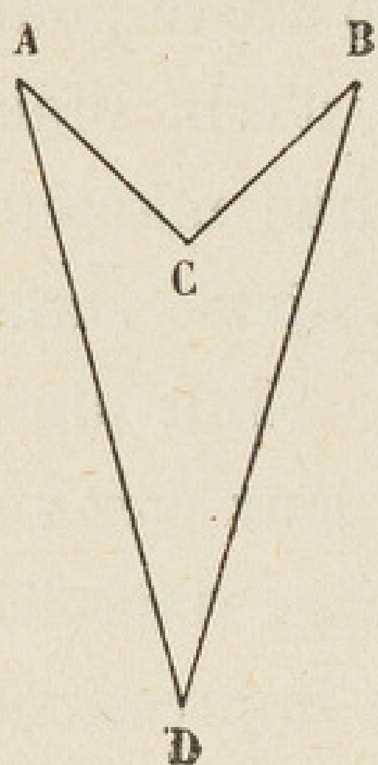


FIG. 6. — Convergence des yeux, suivant l'éloignement des objets.

La figure 7 montre comment la différence d'écartement des points homologues produit la même impression visuelle qu'une différence d'éloignement. Sur le stéréogramme *m n*, les images des objets A, B, C, sont représentés, sur l'épreuve de gauche, en *a*, *b*, *c*, et, sur celle de droite, en *a'*, *b'*, *c'*. Il est facile de voir que la distance qui sépare *b* de *b'* n'est pas égale à celle qui sépare *a* de *a'* et encore moins de celle qui sépare *c* de *c'*. Les homologues correspondant au point le plus rapproché B sont beaucoup moins écartés que ceux qui correspondent au point le plus éloigné C. Si nous faisons converger les rayons visuels, de manière à fusionner les deux images, une construction géométrique très simple nous montre que le point de rencontre des deux lignes

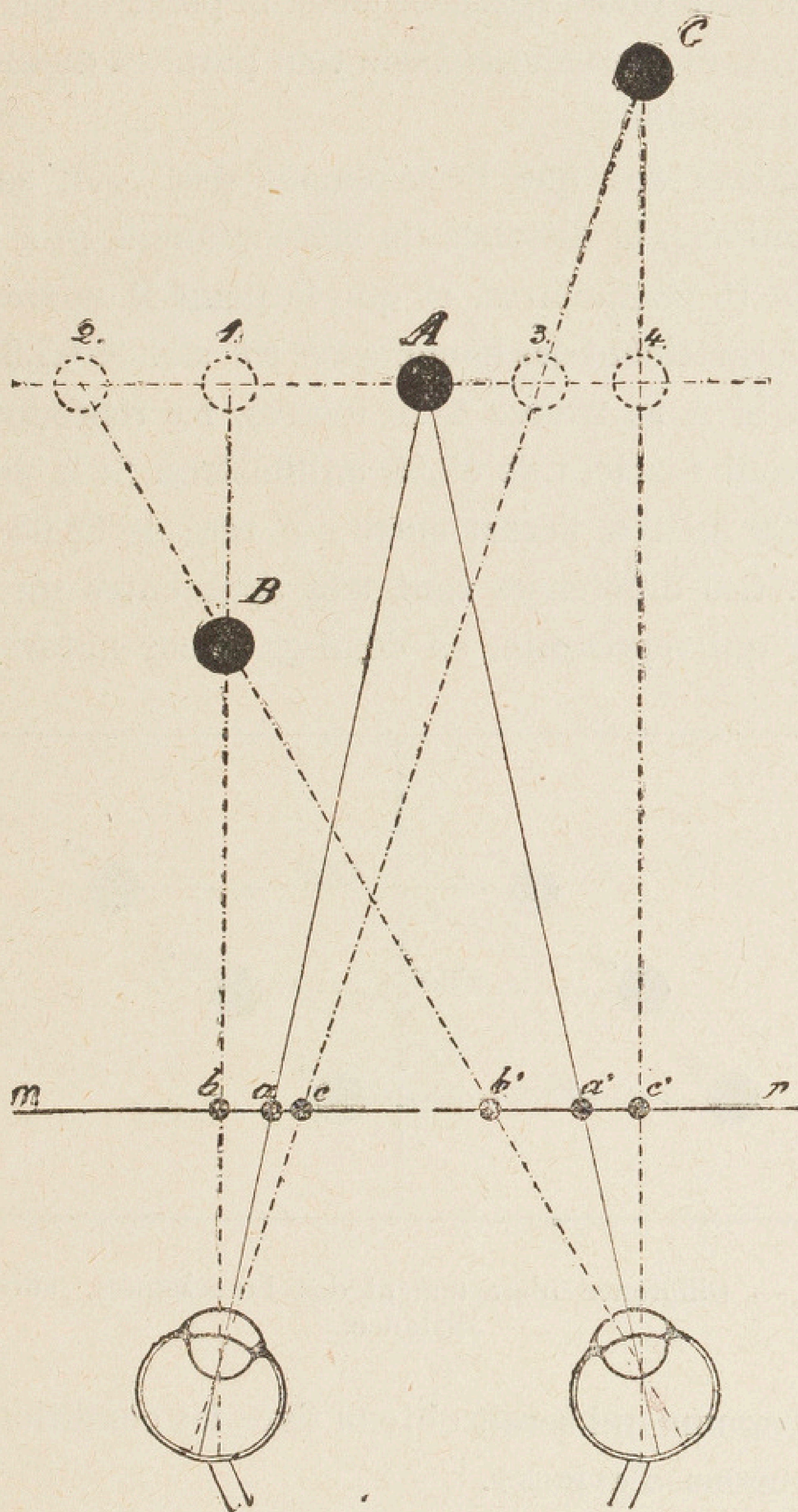


Fig. 7. — Mise en perspective des points homologues.

visuelles sera plus rapproché pour le point B que pour le point A, et que celui-ci à son tour paraîtra moins éloigné que le point C.

En admettant que l'écartement des yeux soit de 7 centimètres, la distance du stéréogramme *m n* à nos yeux de 15 centimètres, et que le point B se trouve à $2^{m}50$, l'écartement des homologues *b b'* sera de 65,8 millimètres. Si A se trouve à 10 mètres, les reproductions *a a'* seront écartées de 68,95 millimètres. Si le point C est à 200 mètres, l'écart entre *c c'* sera de 69,94 millimètres. Ces différences sont très apparentes sur la figure 8, qui représente, en demi-grandeur naturelle, le

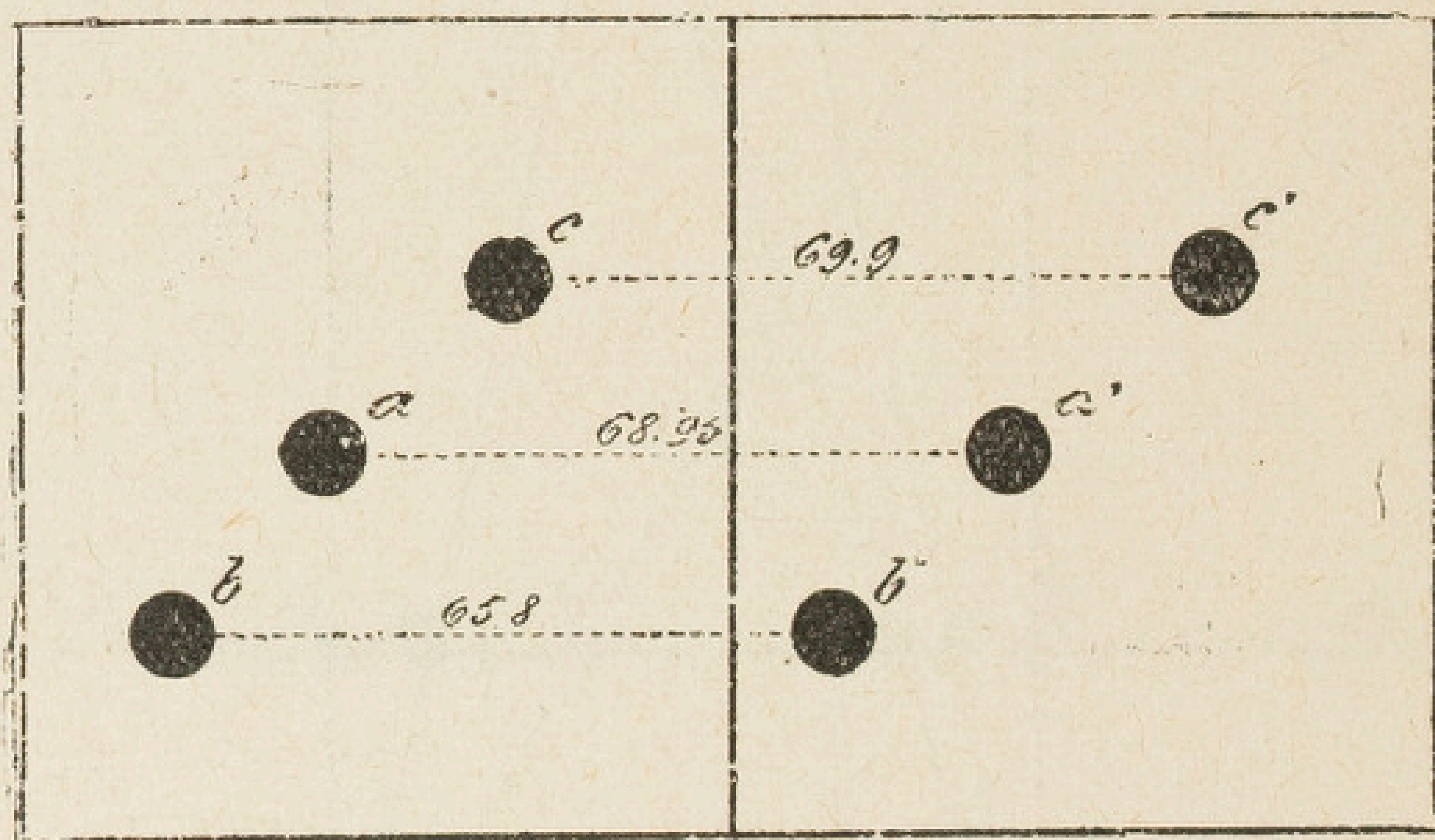


Fig. 8. — Différence d'écartement des homologues, suivant la distance.

stéréogramme qui serait obtenu dans les conditions que nous venons d'exposer.

Le schéma suivant montre que l'axe de construction de chaque image suit une direction en rapport avec

l'écartement des homologues des différents plans. Supposons une rue s'étendant droit devant l'observateur (fig. 9). Les lignes de terre *m n* et d'horizon H étant déterminées, ainsi que les points de vue O O', *a b* étant la largeur de la voie sur l'image de gauche, *o i* pourra représenter l'axe de ce tableau. Si nous supposons la ligne de terre *m n* à $1^{m}50$ de l'observateur, l'écartement des homologues à cette distance, pour un stéréogramme vu à 15 centimètres, sera de 63 millimètres. Le point homologue *i'* se trouvera donc à 63 millimètres de *i*, et la ligne *i' o'* nous fournira l'axe de l'image de droite. Tout ce qui sera placé sur ces axes, ou sur des axes secondaires partant des points O O' coupant la ligne de terre avec le même écartement de 63 millimètres, se trouvera dans le plan perspectif correspondant aux distances.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de déterminer la position de l'homologue du point *c* : il n'y a qu'à mesurer 63 millimètres de *d* à *d'*, joindre *d'* à O', et l'horizontale partant de *c* nous conduira à son homologue *c'*. De même, pour trouver l'homologue de *h*, on tracera la ligne O *e*. L'homologue de *e* étant situé à 63 millimètres, en *e'*, nous mènerons de ce dernier point une ligne droite vers le point de vue O'. Le point de croisement entre la ligne O' *e* et la ligne horizontale *h h'* nous donne l'homologue de *h*. L'écartement des homologues étant dans ce cas de 68,95 millimètres, correspond, dans la réalité, à un éloignement de 10 mètres.

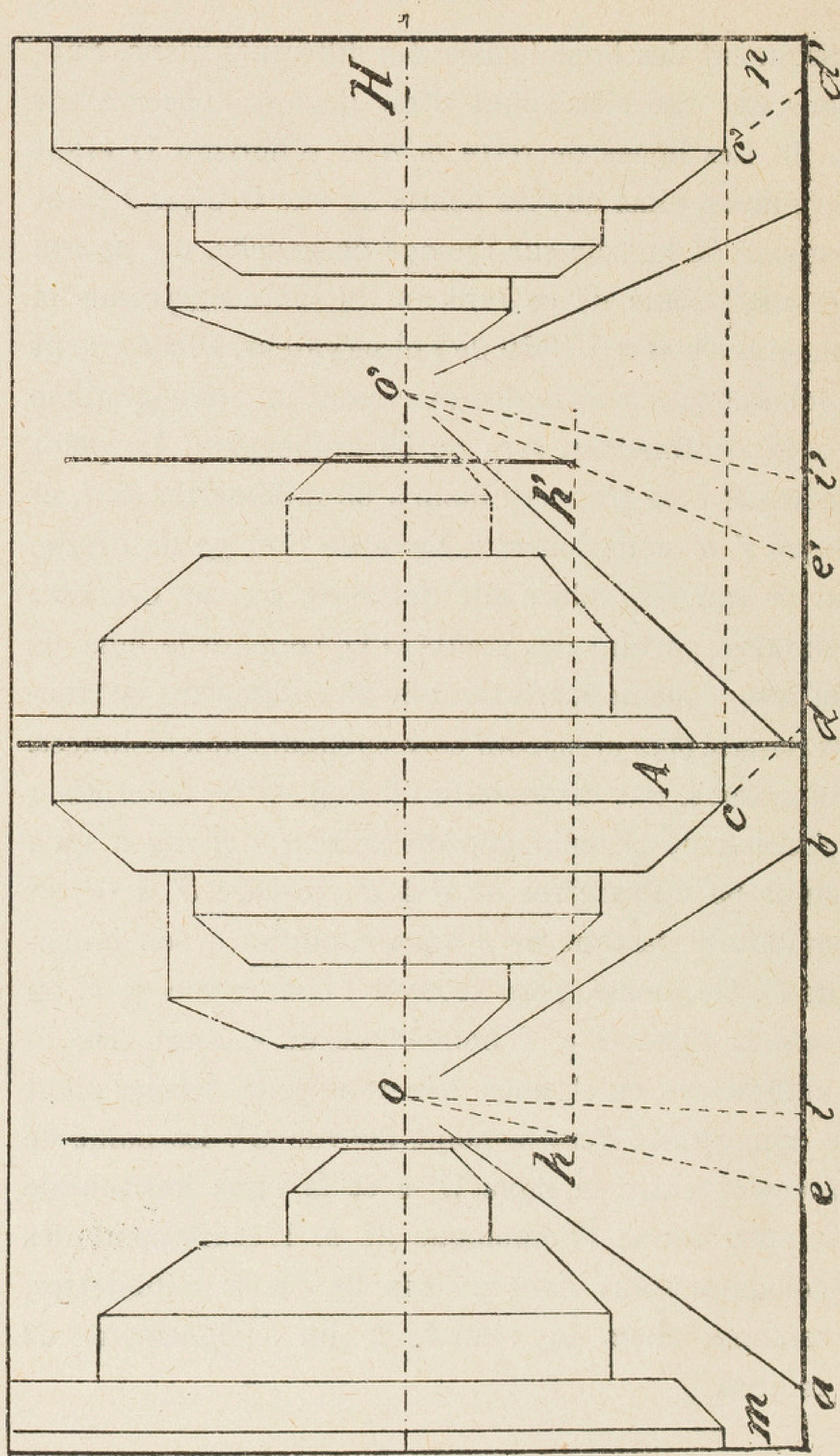


Fig. 9. — Schéma d'un couple stéréoscopique

On voit, par cette construction géométrique, que l'effet stéréoscopique est soumis à des règles précises. Pour que les objets se trouvent reproduits dans le stéréoscope dans leur perspective réelle, avec un relief exact, il est nécessaire d'observer les conditions suivantes :

Il faut, d'abord, que les objectifs de l'appareil photographique qui sert à exécuter le cliché stéréoscopique soient écartés l'un de l'autre de la même quantité que les yeux de l'observateur.

Il faut, ensuite, examiner le stéréogramme dans un stéréoscope dont les oculaires aient entre eux le même écart que les objectifs, c'est à dire le même écart que les yeux.

Il faut, enfin, que la distance qui sépare les oculaires du stéréogramme soit égale à celle qui séparait les objectifs de la plaque sensible.

Ces conditions ne sont pas rigoureusement réalisables, en pratique. En effet, l'écart des yeux n'est pas le même pour tous, et il ne saurait être question de fabriquer des appareils photographiques, des plaques sensibles et des stéréoscopes spéciaux pour chaque écart particulier. D'autre part, le tirage de la chambre noire varie suivant la distance du sujet, surtout quand il est très rapproché, tandis que le tirage du stéréoscope est déterminé par la vue de l'observateur. Cependant, on arrive à réaliser un relief, sinon exact, du moins parfaitement acceptable dans la plupart des cas, en se rapprochant dans la mesure du possible des conditions requises.

Le Congrès international photographique de 1891 a fixé à $0^{m}085$ sur $0^{m}170$ le format du stéréogramme composé de deux éléments ; il a adopté les dimensions de $0^{m}066$ en largeur sur $0^{m}070$ en hauteur pour chacune des vues élémentaires, en laissant entre elles un intervalle de $0^{m}004$, de façon que la distance entre leurs centres soit de $0^{m}070$.

Les constructeurs d'appareils photographiques et de stéréoscopes ne se conforment pas à ces décisions, et on ne saurait leur en faire un grief. En effet, l'écartement des yeux humains varie le plus souvent entre 62 et 65 millimètres. L'écart de 70 millimètres prescrit par le Congrès est déjà anormal, bien qu'on rencontre des yeux écartés de 75 millimètres. Le mieux est de s'en tenir à un écart de 65 millimètres, qui rend la vision stéréoscopique accessible au plus grand nombre d'observateurs et avec le moins de fatigue. Nos yeux peuvent se mouvoir dans toutes les directions, mais il leur est plus facile de converger que de diverger. Si les lentilles du stéréoscope, si le centre des images ont un écartement supérieur à celui des yeux de l'observateur, la fusion nécessaire à la sensation du relief sera pénible et parfois impossible. Si l'écart des yeux dépasse 65 millimètres, on pourra regarder encore les vues dans un stéréoscope à lentilles normales, surtout si elles sont assez larges. Toutefois, cette règle n'est pas sans exceptions, car tout le monde ne perçoit pas au même degré le relief stéréoscopique. Il y a même des personnes pour lesquelles

ce relief n'existe pas : sans parler des observateurs qui n'ont qu'un œil, ou dont l'un des yeux est trop faible, il y a des yeux qui ne peuvent pas converger sur un objet et qui se trouvent ainsi privés de l'observation stéréoscopique.

D'autres personnes en sont aussi privées, plus ou moins complètement, uniquement du fait des constructeurs de stéréoscopes. On a vu que la perception d'un relief exact exige que le tirage du stéréoscope soit égal à celui qu'avait la chambre photographique au moment de la prise des vues. Mais, dans cette position des oculaires, certains observateurs ne verront pas les images au point. On peut évidemment y remédier, en interposant des verres concaves pour les myopes, et convexes pour les presbytes. Cependant, les reflets de la lumière extérieure sur ces verres gênent singulièrement l'observation. Il serait préférable de modifier le tirage du stéréoscope ; le relief cesserait bien alors d'être rigoureusement parfait, mais il serait rarement choquant. Malheureusement, cette mise au point n'est pas toujours possible, parce que, dans la plupart des stéréoscopes, le tirage ne peut être modifié que dans des limites trop restreintes. C'est ainsi que les presbytes ne peuvent arriver, sans garder leurs lorgnons, à fusionner les images dans un stéréoscope à court foyer, tandis que les myopes éprouvent une difficulté analogue lorsqu'ils se servent d'un stéréoscope à long foyer. Quant aux personnes, plus nombreuses qu'on ne croit, qui n'ont pas

les deux yeux constitués de la même manière, elles ne verront bien le relief, quel que soit le tirage du stéréoscope, qu'à la condition de porter des verres correcteurs.

L'imperfection des oculaires, leur inégalité, peuvent également gêner l'observation binoculaire, déformer les images et fausser la perspective. On emploie généralement, pour l'exécution des photographies stéréoscopiques, des objectifs de 200 francs et plus, et l'on regarde ensuite les stéréogrammes avec des verres qui parfois ne valent que quelques sous. Les lentilles simples peuvent bien donner des images correctes au centre, mais non sur les bords, qui seront déformés. M. Richard, comprenant l'importance du rôle joué par les oculaires, eut l'idée d'utiliser les lois de la réversibilité, et c'est ainsi que, dès le 5 mars 1891, il faisait breveter une chambre stéréoscopique disposée de manière à servir également de stéréoscope. Le diapositif occupant la même position que la plaque sensible, et les objectifs devenant oculaires, on réalisait, du moins approximativement, le *vrai relief*, d'où le nom de *Vérascope* donné à cet appareil qui sera décrit plus complètement au chapitre suivant.

Cette combinaison n'est cependant pas indispensable : on obtiendra également l'exacte restitution du relief, en observant les conditions requises pour l'écartement des objectifs et des oculaires, la distance entre le stéréogramme et les lentilles, ainsi que la qualité de ces dernières, qui devront pour le moins être achromatiques.

3. — Stéréoscopie anormale

Quand la distance focale des lentilles du stéréoscope est plus petite que le tirage de la chambre employée pour exécuter le phototype, il se produit un agrandissement de l'image, avec relief insuffisant. Cet agrandissement se traduit par un rapprochement apparent, qui rend plus sensible encore l'amoindrissement du relief.

L'effet inverse se produit dans le cas contraire : les oculaires à long foyer et les objectifs à court foyer tendent à exagérer le relief.

Le relief est également exagéré, quand les objectifs ont un écartement supérieur à celui des yeux. On pourra s'en rendre compte par la figure 10. En haut est un stéréogramme exécuté avec un écartement de 90 millimètres ; au-dessous, le même sujet photographié avec 63 millimètres d'écartement. Dans les deux cas, le sujet était placé à $2^{m}50$ de l'appareil. En plaçant ce stéréogramme composé dans un stéréoscope, on remarquera la déformation des images prises avec l'écartement supérieur à celui des yeux ; on verra, notamment, la tête du jeune homme avançant démesurément, la poitrine bombée, le bras gauche en recul exagéré, ainsi que la pendule déformée ; tandis que l'écartement normal laisse à l'ensemble un aspect naturel.

L'écartement des objectifs joue un grand rôle en stéréoscopie, et son importance augmente à mesure qu'on s'approche de l'objet. D'après M. L. Stockhammer, à

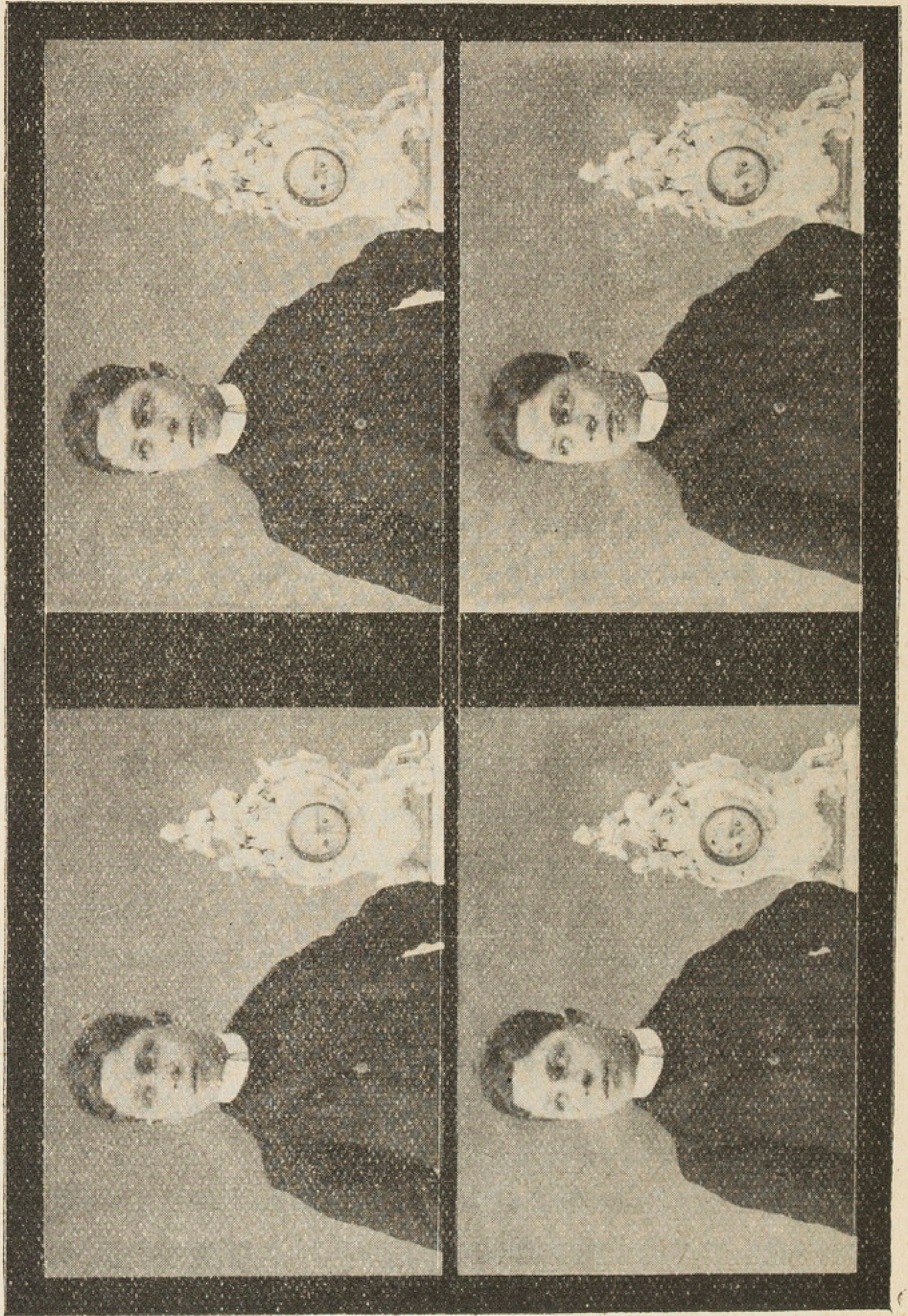


Fig. 10. — Stéréogrammes obtenus avec des écarts de 90 et de 63 millimètres entre objectifs.

la reproduction en grandeur naturelle, un seul millimètre en plus ou en moins suffit pour déformer le relief.

M. A. Le Mée a proposé d'appeler *hyperstéréoscopique* le relief ainsi exagéré. Cette dénomination est généralement adoptée : aussi désignerons-nous sous le nom d'*hyperstéréogrammes* les photographies exécutées à l'aide d'objectifs plus écartés que le sont nos yeux.

Lorsque, en examinant une série de vues dans le stéréoscope, on passe d'une image normale à une hyperstéréoscopie, on a l'impression de voir les objets à la fois s'éloigner et grandir. Ces deux effets semblent logiquement incompatibles, mais il s'agit là d'une illusion d'optique, dont M. Le Mée a donné l'explication suivante. Dans un stéréogramme ordinaire, le relief, et par suite la différenciation des plans de front, disparaît à une distance assez faible de l'observateur : mettons 200 mètres, pour fixer les idées. Un objet situé à 400 mètres ne paraîtra donc guère plus éloigné que s'il était dans le plan de front de 200 mètres. Dans un hyperstéréogramme, au contraire, la différenciation des plans de front se poursuivant au-delà de cette distance, un objet de 400 mètres paraîtra beaucoup plus éloigné que celui à 200 mètres. Donc : 1° effet d'éloignement. Mais, comme nous n'avons pas l'habitude de percevoir le relief à une distance de 400 mètres, instinctivement nous ramenons cet objet à ce qu'il serait, par suite de son propre relief, à une distance beaucoup plus rapprochée ; d'où : 2° effet de grossissement.

Bien que l'hyperstéréoscopie aboutisse à des reproductions inexactes, on est obligé d'y avoir recours pour montrer en relief les objets éloignés. Ces objets semblent plats, et, si on les photographiait à l'aide de deux objectifs à l'écartement normal, les deux images ainsi obtenues ne seraient pas sensiblement différentes de deux épreuves tirées d'un même cliché.

Le pouvoir séparateur de l'œil ne dépassant guère 1/10e de millimètre, il faut, pour que la sensation de relief se produise, que le décalage des points homologues atteigne au moins cette valeur de perception minimum de 1/10e de millimètre. La distance à partir de laquelle la sensation de relief n'est plus perçue dépend du foyer des objectifs et de leur écartement. On la calcule facilement, en faisant le produit du foyer par la valeur de l'écartement, en dixièmes de millimètres. Pour fixer les idées, supposons deux objectifs de 110 millimètres de foyer, écartés l'un de l'autre de 70 millimètres : le relief stéréoscopique ne sera appréciable que pour les plans situés à distance moindre que 0,07 × 1.100 = 77 mètres.

L'hyperstéréoscopie n'est d'ailleurs pas limitée à la photographie : on y a aussi recours pour l'observation visuelle directe des lointains. En 1858, le physicien allemand Helmholtz imaginait le *téléstéréoscope,* qui permet de réaliser l'effet du relief sur des objets situés à une très grande distance, et *le Cosmos* le décrivait en ces termes :

« M. Helmholtz prend une planche longue d'environ $1^{m}50$, et il la place de travers. Aux extrémités de cette planche, et perpendiculairement à sa surface, il dresse deux miroirs formant, avec l'axe ou la ligne médiane de la planche, des angles de 45 degrés. Au milieu de cette même planche, à $0^{m}75$ des extrémités, il dresse deux miroirs plus petits, parallèles aux premiers et distants de la distance des yeux. Placé au milieu de l'arête antérieure de la planche, l'observateur regarde avec son œil droit dans l'un des petits miroirs, avec son œil gauche dans l'autre ; il voit par là même, dans les petits miroirs, les grands miroirs et les images des paysages qui s'y réfléchissent. Or, on comprend sans peine que, par cette disposition, les images qu'il regarde et qu'il perçoit avec ses yeux, séparées seulement de $0^{m}08$, sont celles que verraient deux yeux placés aux extrémités de la planche, c'est à dire distants de $1^{m}50$, et que l'effet de relief doit, par conséquent, être augmenté dans une proportion très considérable, surtout si l'on regarde avec une lorgnette qui rapproche ou grossit les objets... Des objets distants de 800 et même de 1.500 mètres se détachent alors parfaitement du fond, avec lequel ils se confondaient quand on les regardait à l'œil nu ; les objets plus rapprochés ont retrouvé leur relief ou la solidité de leurs formes, et l'œil est tout surpris de cette quasi-révélation de détails qui lui échappaient auparavant. »

Actuellement, l'expression de télestéréoscopie n'est plus usitée dans le sens que lui avait donné Helmholtz :

elle sert à désigner les stéréogrammes obtenus à l'aide de téléobjectifs, avec ou sans exagération du relief. Mais l'appareil du physicien allemand continue à être employé, sous la forme perfectionnée des jumelles à prismes. La stéréo-jumelle représentée figure 11, est disposée de

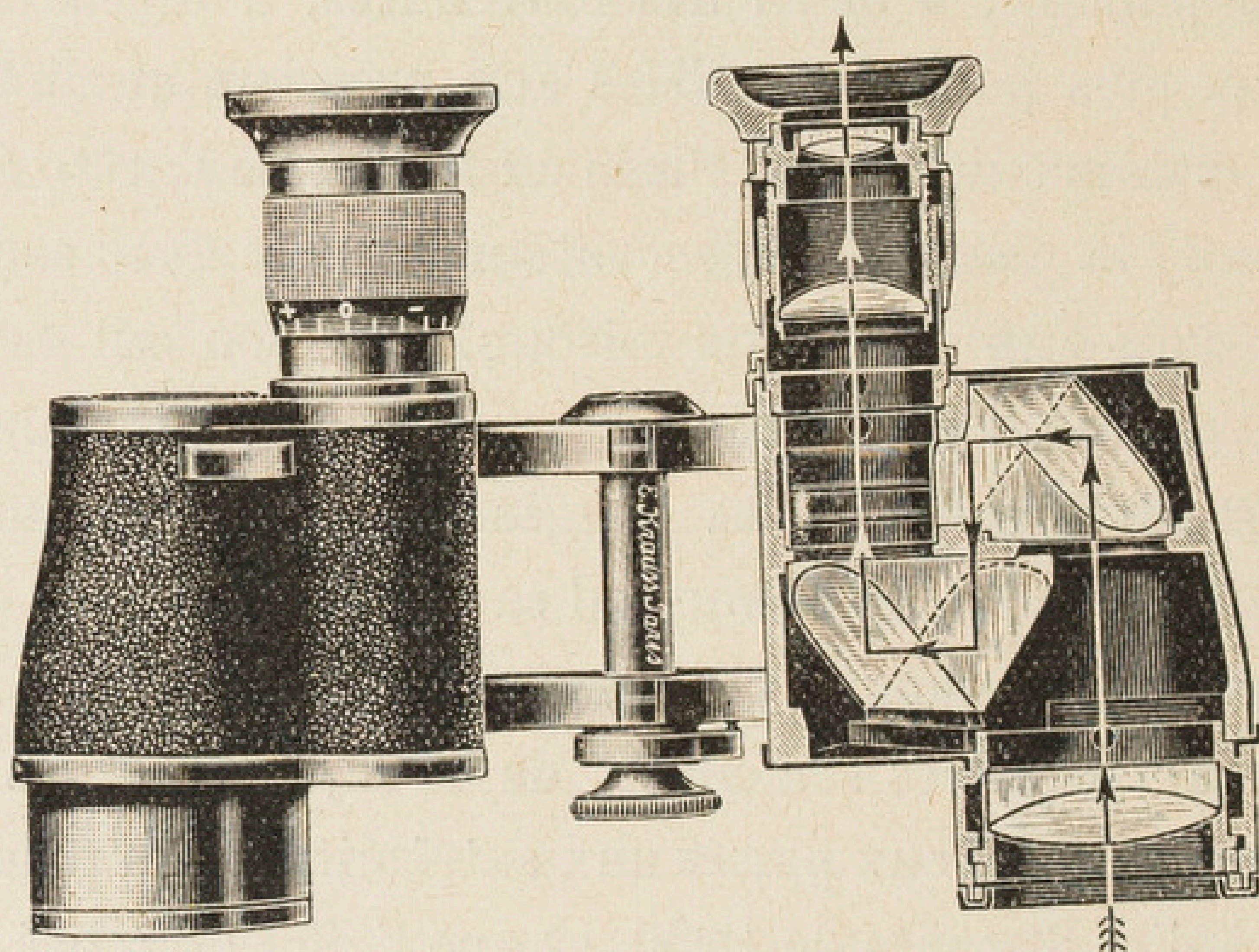


Fig. 11. — Stéréo-jumelle.

telle sorte que l'écart des objectifs soit plus grand que l'écart des oculaires : il en résulte un effet stéréoscopique augmenté, qui permet d'apprécier facilement les différents plans en profondeur. Cet effet est encore plus accentué dans la longue-vue stéréoscopique, reproduite figure 12, dont les objectifs sont sept fois plus écartés que les oculaires. Il existe même des instruments de ce genre, en usage dans l'armée, où l'écart entre les objectifs est porté à $1^{m}50$ et plus. Nous verrons, au cha-

pitre III, l'application des jumelles à prismes à l'exécution des hyperstéréogrammes.

Par opposition au terme d'hyperstéréoscopie, on a créé le mot *hypostéréoscopie*, applicable aux cas de relief réduit, ou, plus généralement, aux cas où la distance entre les objectifs est inférieure à la distance entre les yeux. Ainsi comprise, cette dénomination ne désigne pas nécessairement un relief inexact : on verra, au contraire, que lorsqu'il est nécessaire de photographier de très près un objet (c'est le cas des modèles de faibles dimensions), on n'obtient une reproduction correcte qu'en réduisant la distance entre les objectifs.

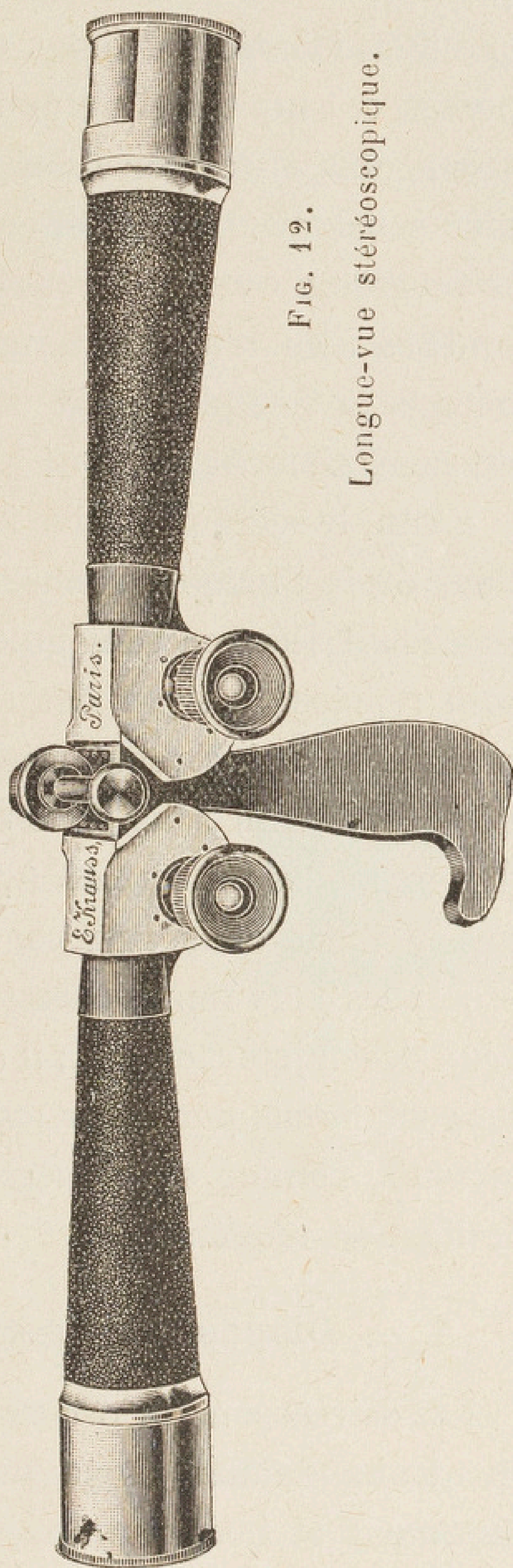


Fig. 12. Longue-vue stéréoscopique.

Du reste, il convient de remarquer que l'hypostéréoscopie n'aboutit jamais aux effets choquants de

l'hyperstéréoscopie, quelle que soit la distance des objets. Il y a plus : si l'on examine dans le stéréoscope deux épreuves identiques, tirées d'un même cliché et juxtaposées, ce couple, qui n'a pourtant plus rien de stéréoscopique, offre encore un relief surprenant, si l'appareil est bien construit. Or, un tel couple peut être assimilé à un stéréogramme exécuté avec des objectifs infiniment rapprochés : en d'autres termes, c'est l'hypostéréoscopie poussée à son plus haut degré. Le relief ainsi observé est généralement attribué à une illusion.

Enfin, le relief peut être interverti, en plaçant devant l'œil droit l'image gauche et vice-versa. Les plans se succèdent alors en sens inverse de la réalité, les saillies sont représentées par des creux, la reproduction d'une sculpture semble remplacée par son moulage, etc. Cet effet est connu sous le nom de *pseudoscopie* (du grec Ψεῦδος, mensonge, et σκοπεῖν, voir). Par suite de la transposition des deux images, les points homologues des objets les plus rapprochés se trouvent plus écartés que ceux des objets éloignés ; il en résulte que nos yeux convergent moins pour voir les premiers que pour voir les seconds, comme si la succession des plans se trouvait réellement renversée.

4. — Dispositions actuelles du stéréoscope

Les stéréoscopes à prismes sont à peu près complètement abandonnés, parce qu'ils ne donnent aucun grossissement et fatiguent toujours plus ou moins la vue.

Ils n'ont d'ailleurs plus aucune raison d'être, lorsqu'il s'agit d'examiner des stéréogrammes dont l'écartement des homologues ne dépasse pas 65 millimètres, comme c'est presque toujours le cas.

Autrefois, cet écartement atteignait ordinairement 75 millimètres et même davantage : c'est pourquoi on jugeait utile de combiner l'effet des prismes et celui des lentilles. On construisait à cet effet des lentilles sphéro-prismatiques, comme l'avait fait Brewster, de manière à diminuer de 1 ou 2 centimètres l'écart entre les points homologues.

La plupart des stéréoscopes de construction récente n'ont plus que des lentilles plan-convexes, la face bombée tournée vers l'image. La disposition adoptée il y a plus d'un demi-siècle et que nous avons décrite page 15, est encore assez répandue actuellement (fig. 13). Les images diapositives sont examinées par transparence, en se plaçant face à la lumière, de manière à éclairer le verre dépoli qui forme la paroi opposée aux oculaires. Pour regarder les images opaques, on ouvre la porte à charnières et on l'incline de telle sorte que le miroir intérieur réfléchisse la lumière sur la double épreuve. La boîte se tient à la main ou se pose sur un support articulé (fig. 14), qui permet d'amener les oculaires à la hauteur des

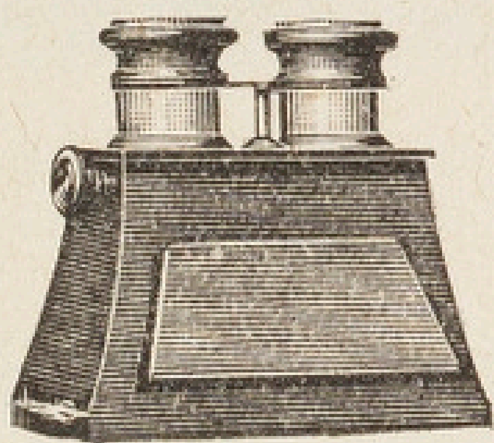


FIG. 13. — Stéréoscope à lentilles et crémaillère de mise au point.

yeux et de donner à l'instrument l'inclinaison la plus commode.

Mais ce modèle primitif, classique en quelque sorte, est maintenant loin d'être le seul, car, depuis quelques années, une foule d'appareils ont été proposés pour l'examen binoculaire. Il ne saurait être question de les passer

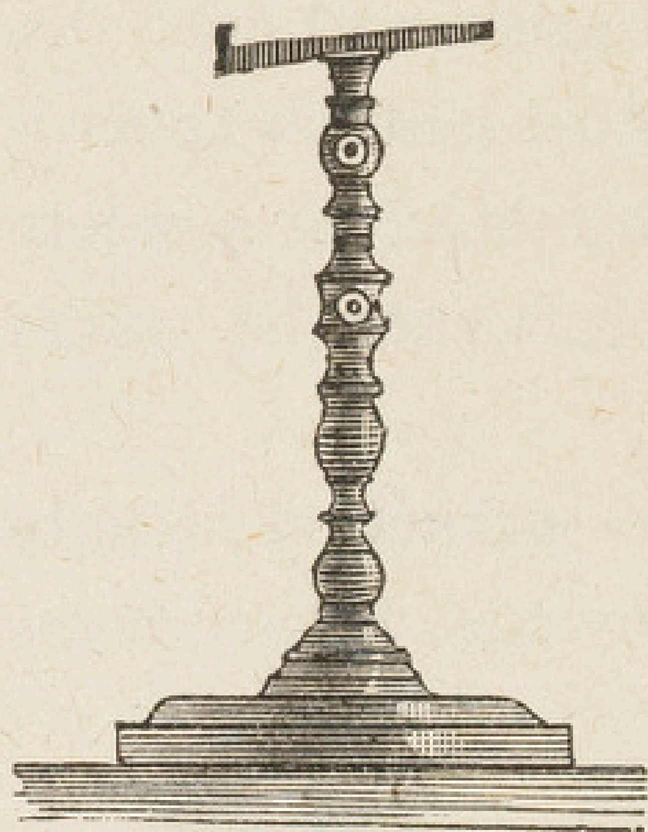


Fig. 14. — Pied pour stéréoscope.

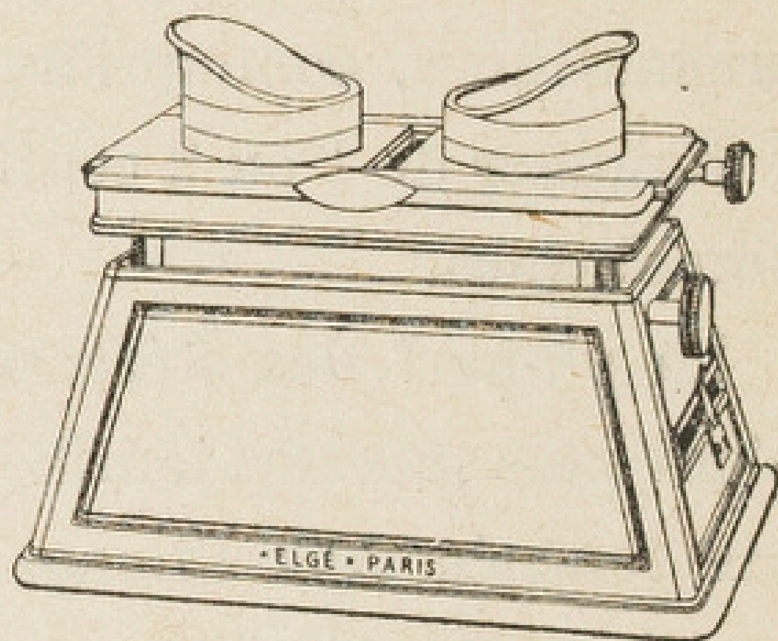


Fig. 15. — Stéréoscope corollaire.

tous en revue, d'autant plus qu'ils ne se distinguent généralement les uns des autres que par de menus détails de construction, et il suffira de décrire brièvement quelques-uns des types principaux.

Les stéréoscopes de précision sont munis d'un mécanisme permettant de faire varier la distance entre les oculaires. Tel est, par exemple, le stéréoscope *corollaire* (fig. 15) de M. Gaumont, dont les lentilles s'écartent ou se rapprochent à volonté sous l'action d'une tige à double filetage terminée par un bouton moleté. Afin de faciliter l'approche des yeux, les oculaires affleurent

leur sertissage, et, pour éviter les reflets qu'occasionnerait la lumière ambiante, des rehauts placés à droite et à gauche viennent s'appliquer contre les tempes de l'observateur.

Le stéréoscope de Goerz (fig. 16) permet d'examiner tous les stéréogrammes, transparents ou opaques, de

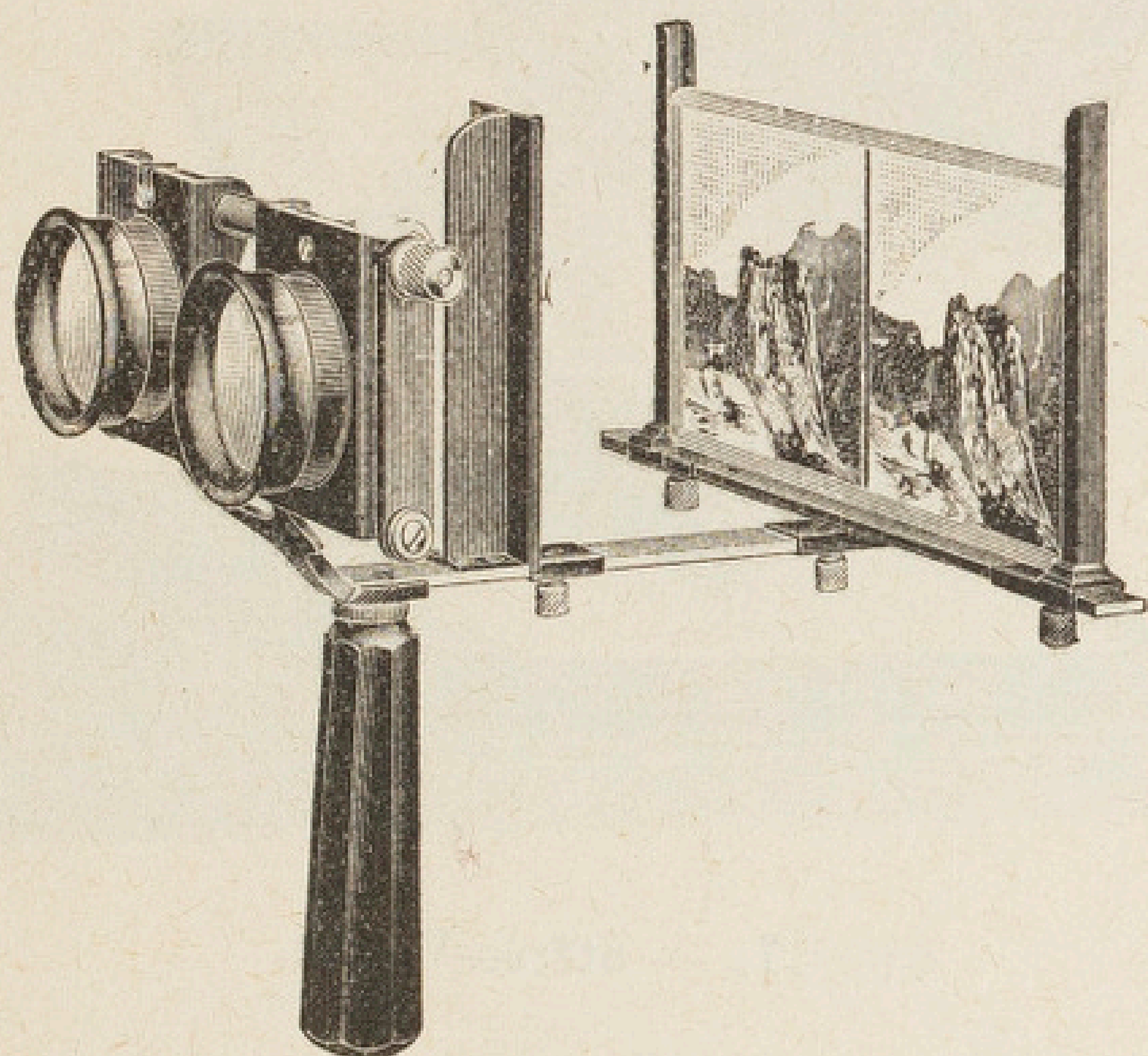


Fig. 16. — Stéréoscope Goerz.

n'importe quel format usuel. Le porte-épreuves est constitué par des tiges de métal coulissant sur une règle, et les oculaires sont à écartement variable. Les lentilles peuvent être rapidement remplacées par d'autres, de distance focale appropriée aux conditions de la vision : cette distance focale doit, autant que possible, être la même que celle des objectifs dont on s'est servi pour exécuter le phototype. L'éclisse porte-oculaires est munie d'une échelle indiquant l'écartement, de sorte qu'il

suffit de mesurer l'écart pour obtenir, sans tâtonnement, une superposition parfaite.

Le *stéréo-vérant*, de Zeiss (fig. 17), se compose d'une plaque-base, d'un porte-vues et du support des len-

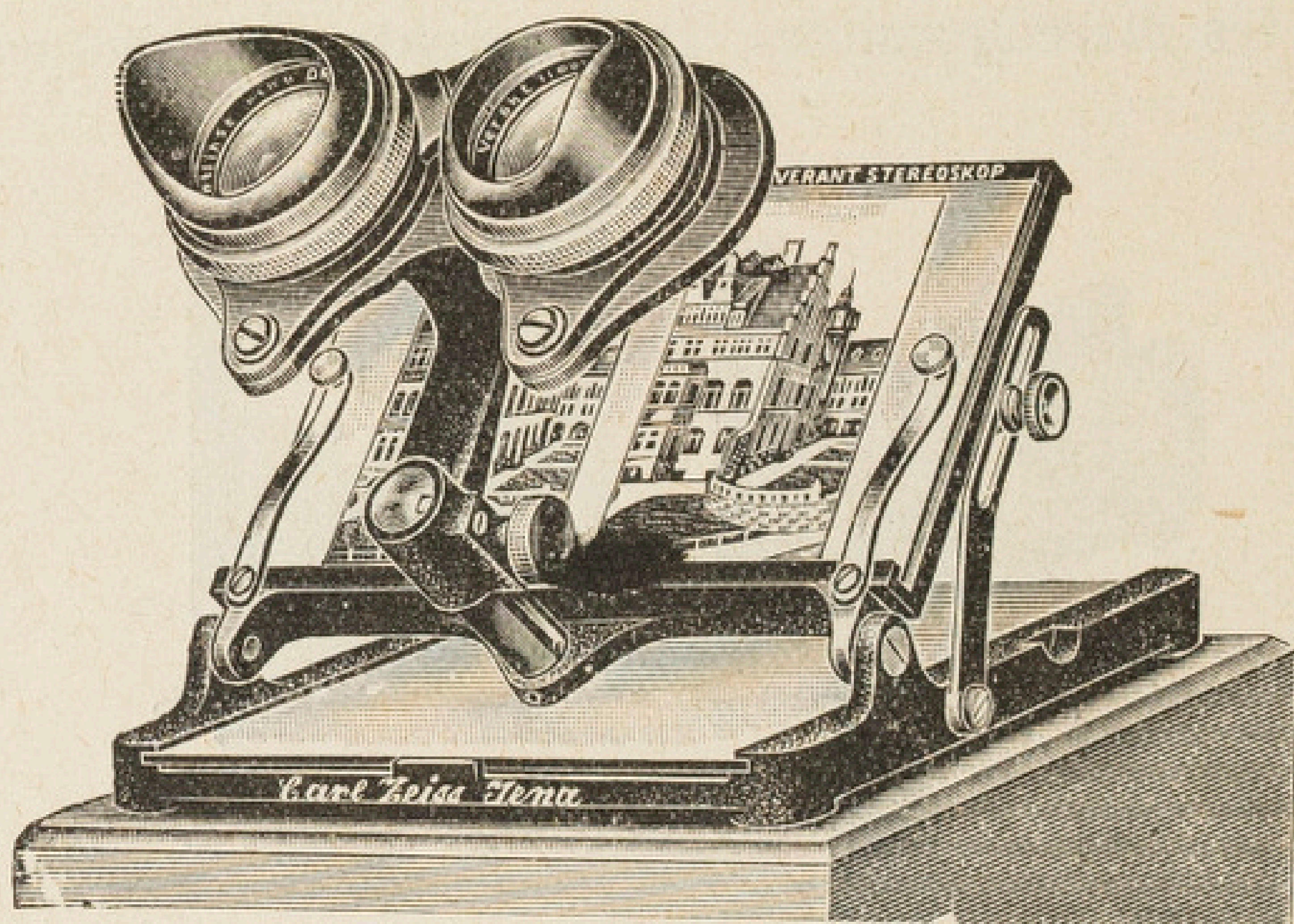


FIG. 17. — Stéréo-Vérant.

tilles. Le porte-vues tourne autour d'un axe longitudinal et s'immobilise dans toutes les positions comprises entre celle où il est parallèle à la plaque-base et celle où il lui est perpendiculaire. Le support des lentilles se déplace le long d'une tige métallique perpendiculaire au porte-vues, de manière à permettre aux différents observateurs de régler la mise au point. Un bouton fixe le support dans la position choisie. L'écartement des lentilles est adapté à celui des yeux de chaque observateur. Les images, sur verre ou sur papier,

peuvent être montées par paires sur le même support, mais il est préférable de les laisser séparées, afin de les examiner avec un écartement égal à celui des yeux. Les personnes qui, par suite d'une vue anormale, sont obligées d'observer avec leurs lunettes doivent enlever les bonnettes qui entourent les oculaires, ou, ce qui vaut encore mieux, adapter aux lentilles des verres de même courbure que ceux de leurs lunettes, afin de laisser les bonnettes qui évitent les reflets de lumière.

A côté de ces instruments de précision, admirablement construits, mais de prix élevés, nous devons signaler divers modèles de stéréoscopes très simplifiés et très peu coûteux. On en construit actuellement de très légers, et quelques-uns même se replient pour le transport. Ils ne donnent sans doute pas des résultats aussi parfaits que les précédents : suivant les conditions dans lesquelles ont été prises les photographies, suivant le format des épreuves et suivant la vue de l'observateur, il peut arriver que le relief soit exagéré ou insuffisant, ou même que les deux images ne se confondent pas en une seule, comme l'exige l'observation stéréoscopique. Néanmoins, ces appareils ne sont pas sans valeur, et, dans la plu-

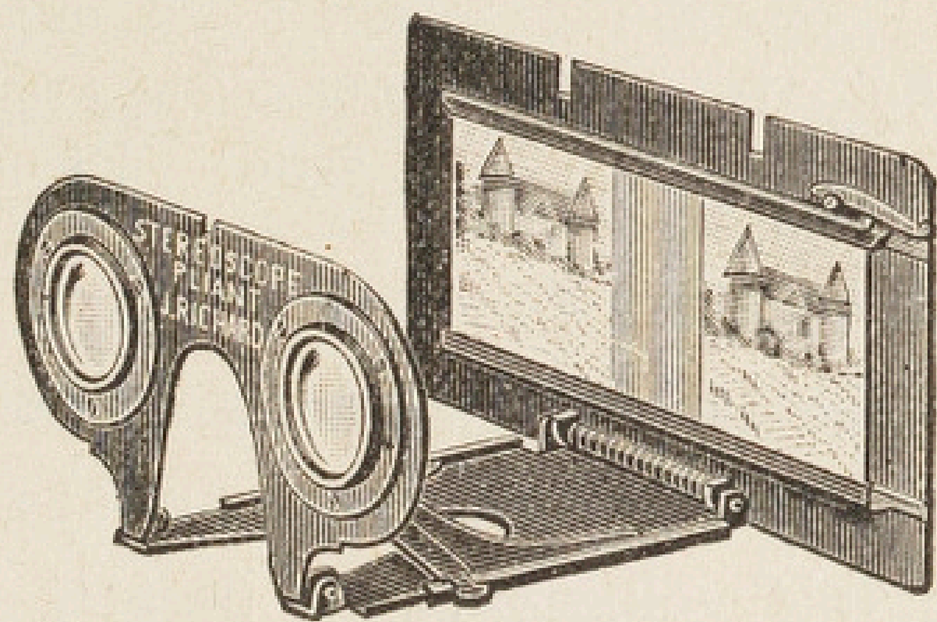


Fig. 18. — Stéréoscope pliant de poche.

part des cas, ils suffisent amplement à donner un spectacle très intéressant.

Avec les stéréoscopes à main, reproduits par les figures 18 et 19, on peut examiner soit des épreuves sur papier, soit des diapositifs de divers formats. La

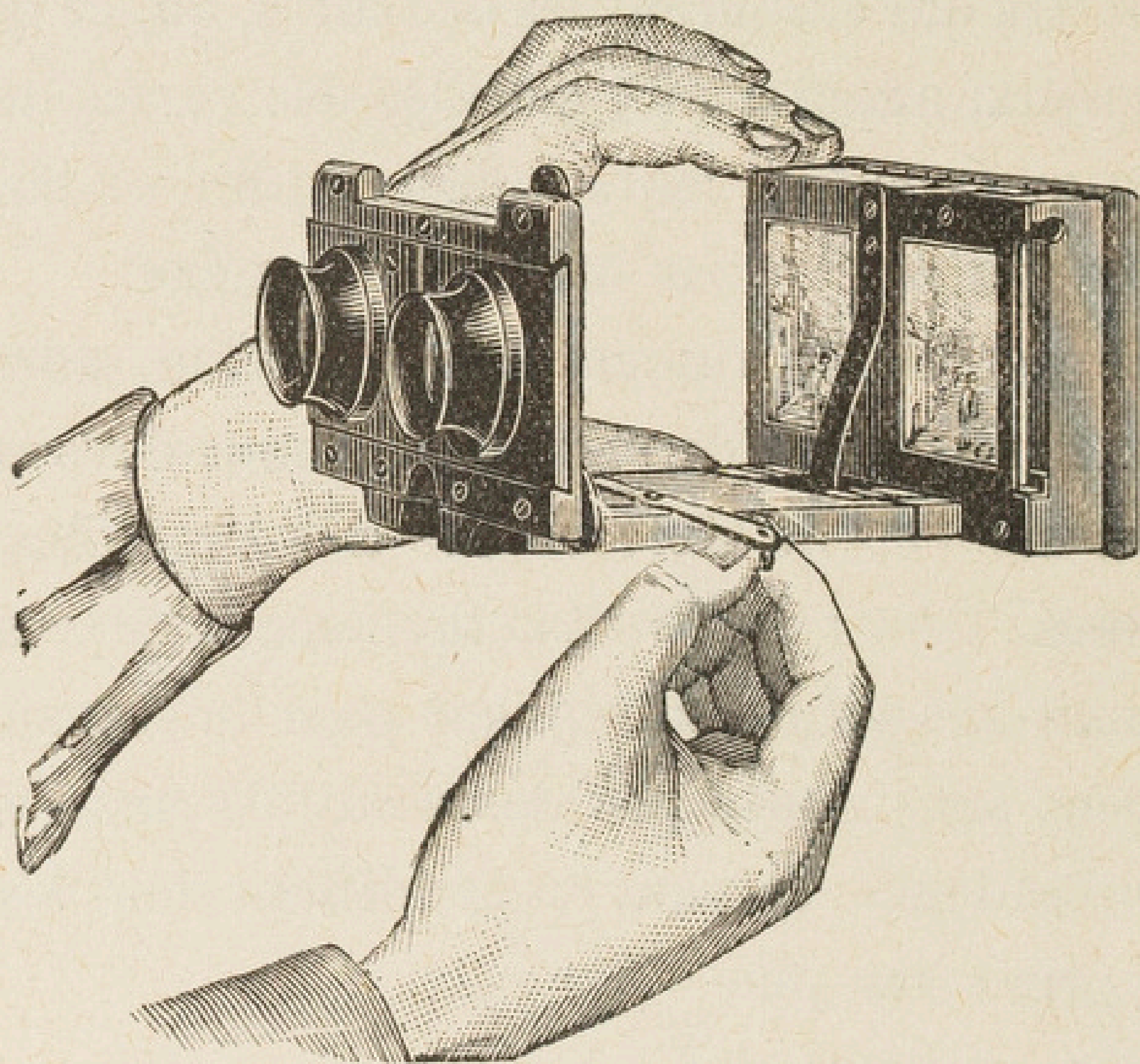


FIG. 19. — Stéréoscope pliant avec mise au point et écartement variable des oculaires.

disposition en est trop simple pour qu'il soit nécessaire d'en donner une description même succincte. Ces instruments peuvent se replier et n'occuper alors qu'un très faible volume, ce qui permet de les tenir dans la poche.

Le stéréoscope *mexicain* (fig. 20) est caractérisé par un abat-jour qui entoure les oculaires et protège les yeux de l'observateur contre tout reflet nuisible.

M. Gaumont a construit un stéréoscope encore plus

simple que les précédents et qui cependant est susceptible de rendre, en certains cas, plus de services qu'un appareil beaucoup plus compliqué et beaucoup plus cher. Le *stéréoscope pour tous* est constitué par deux lentilles adaptées aux extrémités d'une pince métallique, dont les branches peuvent être écartées à volonté et maintenues à l'écartement voulu par un coulant. Et, comme on peut, d'autre part, placer les oculaires à n'importe quelle distance des images, l'observateur réalise aisément les meilleures conditions exigées par sa vue. Le prix très réduit de cet instrument permet d'en avoir plusieurs à mettre à la disposition des personnes qui examinent ensemble une collection de vues stéréoscopiques et n'ont plus ainsi à attendre leur tour pour regarder dans les oculaires.

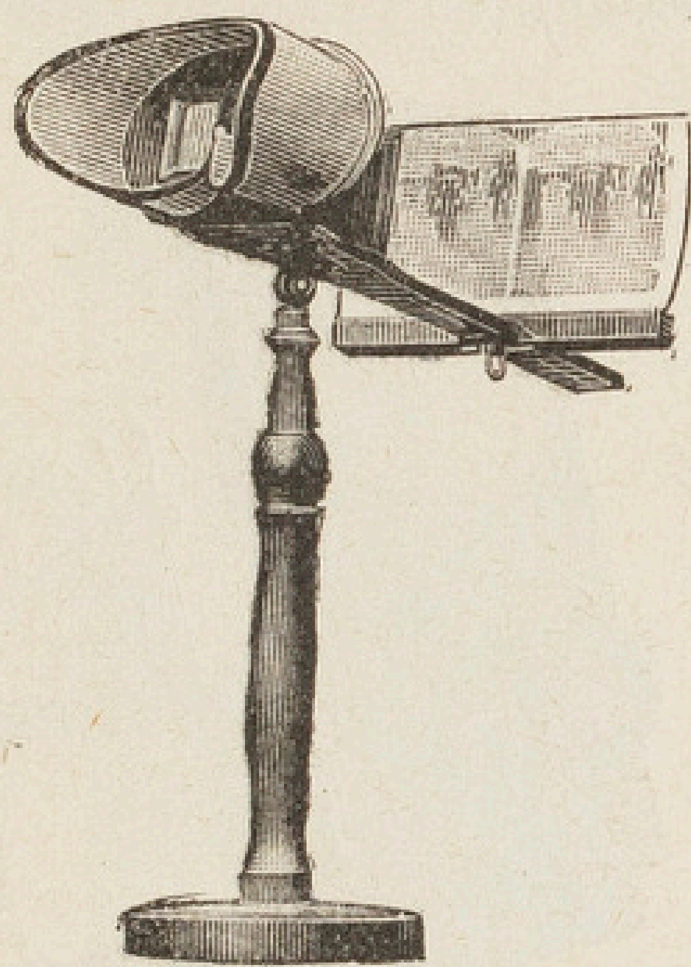


Fig. 20. — Stéréoscope mexicain.

Outre les stéréoscopes proprement dits, on construit aussi des instruments à l'aide desquels on peut observer soit des stéréogrammes soit des photographies ordinaires, quel qu'en soit le format. Ces instruments, appelés *monocles-stéréoscopes*, ou *pantoscopes*, ou encore *graphoscopes* (ces trois dénominations sont synonymes) ont pour organes optiques deux lentilles accouplées

pour la vision binoculaire et une grande lentille pour l'examen des photographies ordinaires (fig. 21). On prétend quelquefois que cette lentille fait voir les objets en relief, bien que les conditions de la stéroscopie ne soient pas réalisées. Il n'y a là qu'un malentendu : la lentille étant constituée par un verre simple, l'aberration de sphéricité fait paraître convexe la surface plane que l'on regarde au travers. Les objets qui y sont représentés semblent bombés, mais d'une manière uniforme, sans qu'il soit possible d'y trouver la succession des plans qui se détachent nettement les uns des autres dans la vision stéréoscopique.

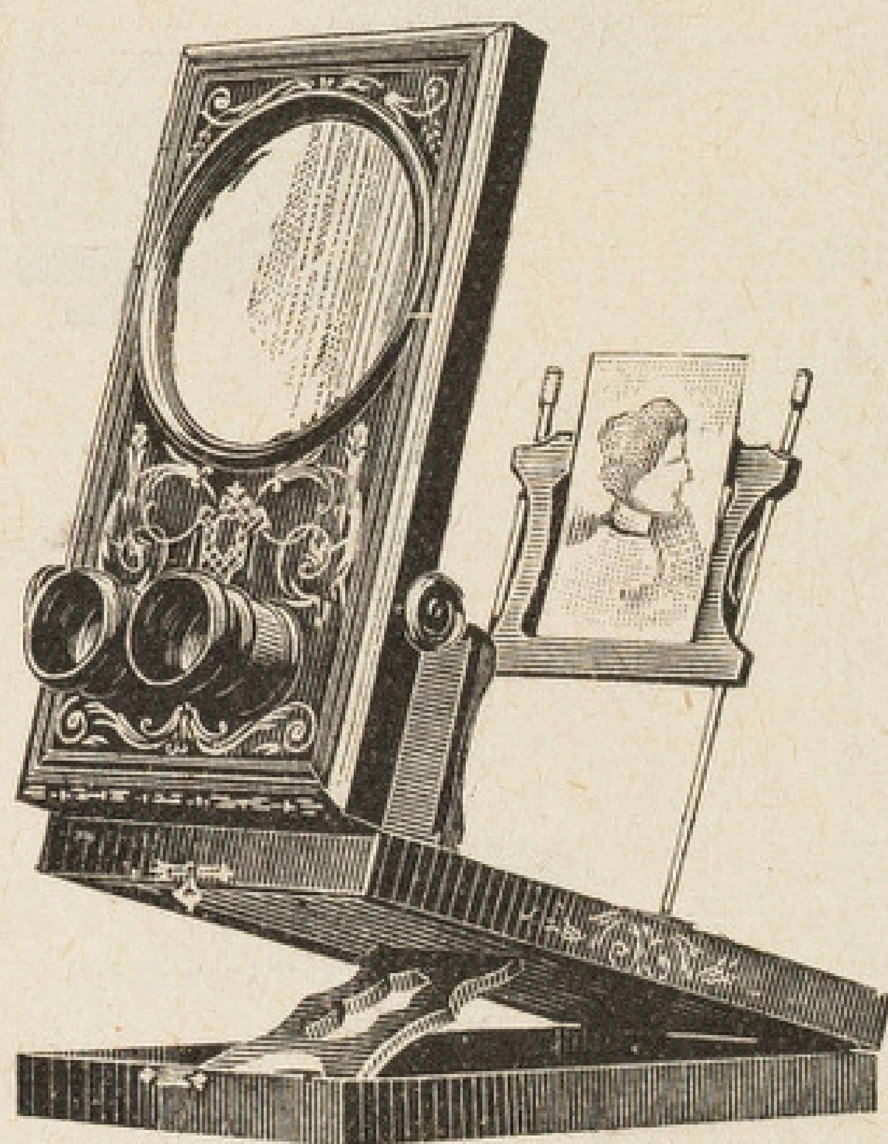


Fig. 21
Monocle-stéréoscope.

Dans tous les modèles que nous venons de rencontrer, chaque stéréogramme doit être glissé dans une rainure ou serré entre deux pinces et placé de telle sorte que le centre des images soit, autant que possible, exactement en face du centre des oculaires. Cette manœuvre, ce réglage deviennent fastidieux, lorsqu'il s'agit d'examiner une importante collection du vues.

Une disposition plus commode, un peu encombrante seulement, est celle que l'on désigne d'ordinaire sous

le nom de *stéréoscope américain*, bien qu'elle ait été imaginée par Ferrier, un photographe parisien. Les oculaires sont fixés près du sommet d'une caisse ou d'une colonne creuse en bois (fig. 22) contenant un certain nombre de vues stéréoscopiques, 50 par exemple. Ces vues sont portées par des cadres attachés à une double chaîne sans fin roulant entre deux axes dentés horizontaux L'un de ces axes se termine par deux boutons extérieurs moletés, qu'il suffit de tourner pour amener successivement tous les stéréogrammes en face des oculaires. L'observateur, commodément assis devant l'instrument, règle une fois pour toutes la mise au point selon sa vue, à l'aide d'un bouton actionnant la crémaillère des lentilles, et fait ensuite défiler toute la série des images contenues dans le socle. Ces images sont ordinairement constituées par des diapositifs sur verre ; aussi la paroi opposée aux oculaires est-elle percée d'une

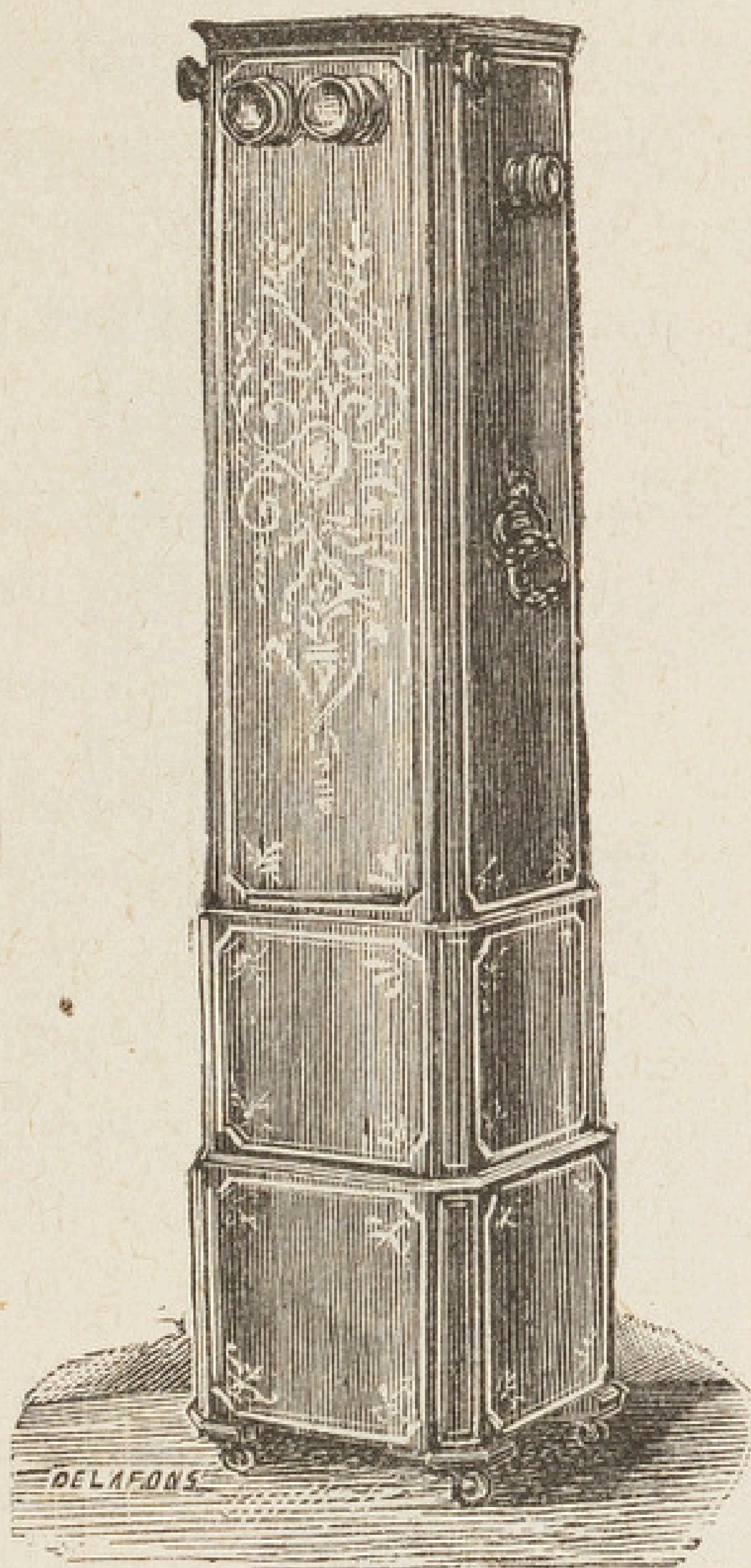


Fig. 22. — Stéréoscope américain.

fenêtre rectangulaire garnie d'un verre dépoli qui permet de les éclairer par transparence et d'une lumière régulièrement diffusée. Les cadres peuvent aussi recevoir des épreuves montées sur carton : dans ce cas, il faut ouvrir le panneau supérieur, et éclairer les images par lumière réfléchie, au moyen d'un miroir fixé sous la porte à charnières qui permet de lui donner l'inclinaison la plus favorable.

Le stéréoscope américain a été l'objet de divers perfectionnements, dont le but est surtout d'augmenter le nombre des vues que l'on peut y observer. Le modèle primitif était ordinairement disposé pour recevoir 25 ou 50 vues. Pour y placer 100 ou 200 vues, on était obligé d'augmenter la hauteur de la caisse. Des combinaisons plus récentes permettent d'examiner un nombre de vues presque illimité, dans un meuble peu encombrant. Tel est, entre autres, le stéréoscope à chaînes interchangeables (fig. 23) qui permet de retirer en un instant de la boîte une collection de 50 ou de 100 vues et de la remplacer aussitôt par une autre.

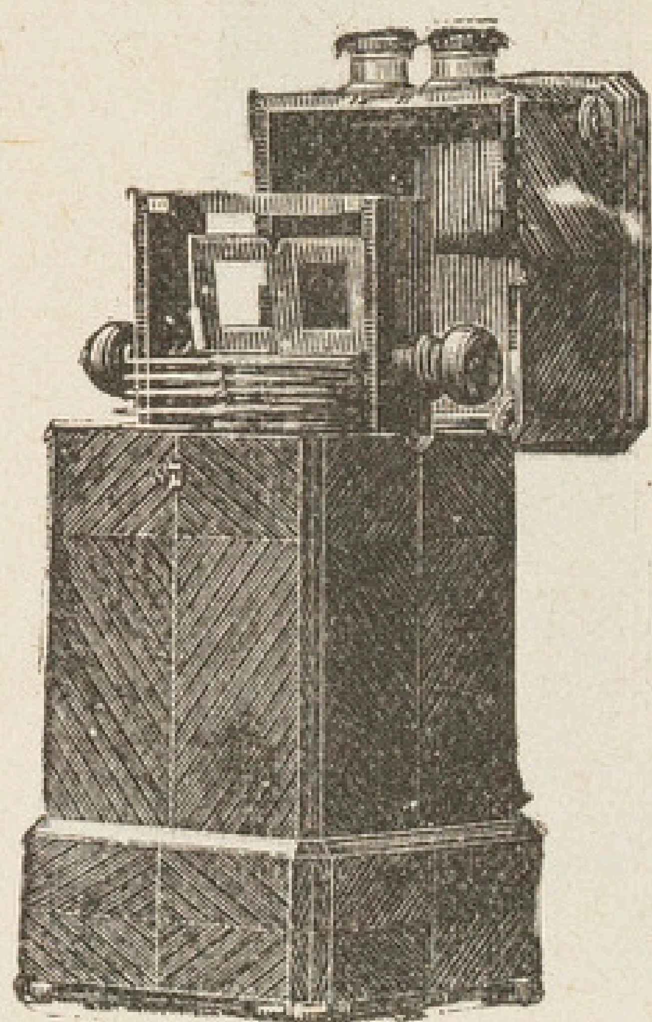


Fig. 23. — Stéréoscope à chaînes interchangeables.

Nous citerons, encore dans le même ordre d'idées, les stéréoscopes classeurs dont il convient de connaître au moins les principaux modèles.

Le *Taxiphote*, inventé par M. Colardeau et construit par M. Richard, est représenté fig. 24 et 25. Les stéréogrammes sont rangés dans des boîtes à rainures, qui en contiennent chacune 25 et sont enfermées dans le socle de l'instrument. Un catalogue indique le contenu

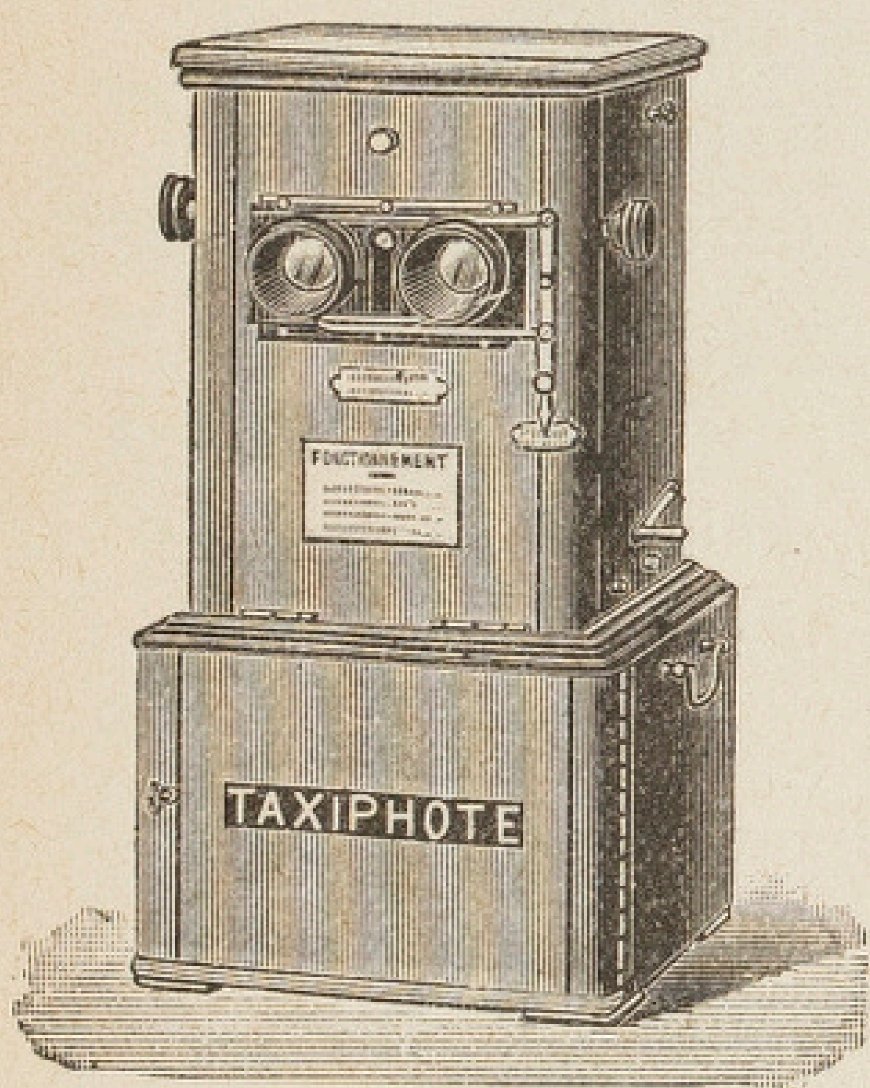


Fig. 24. — Taxiphote fermé.

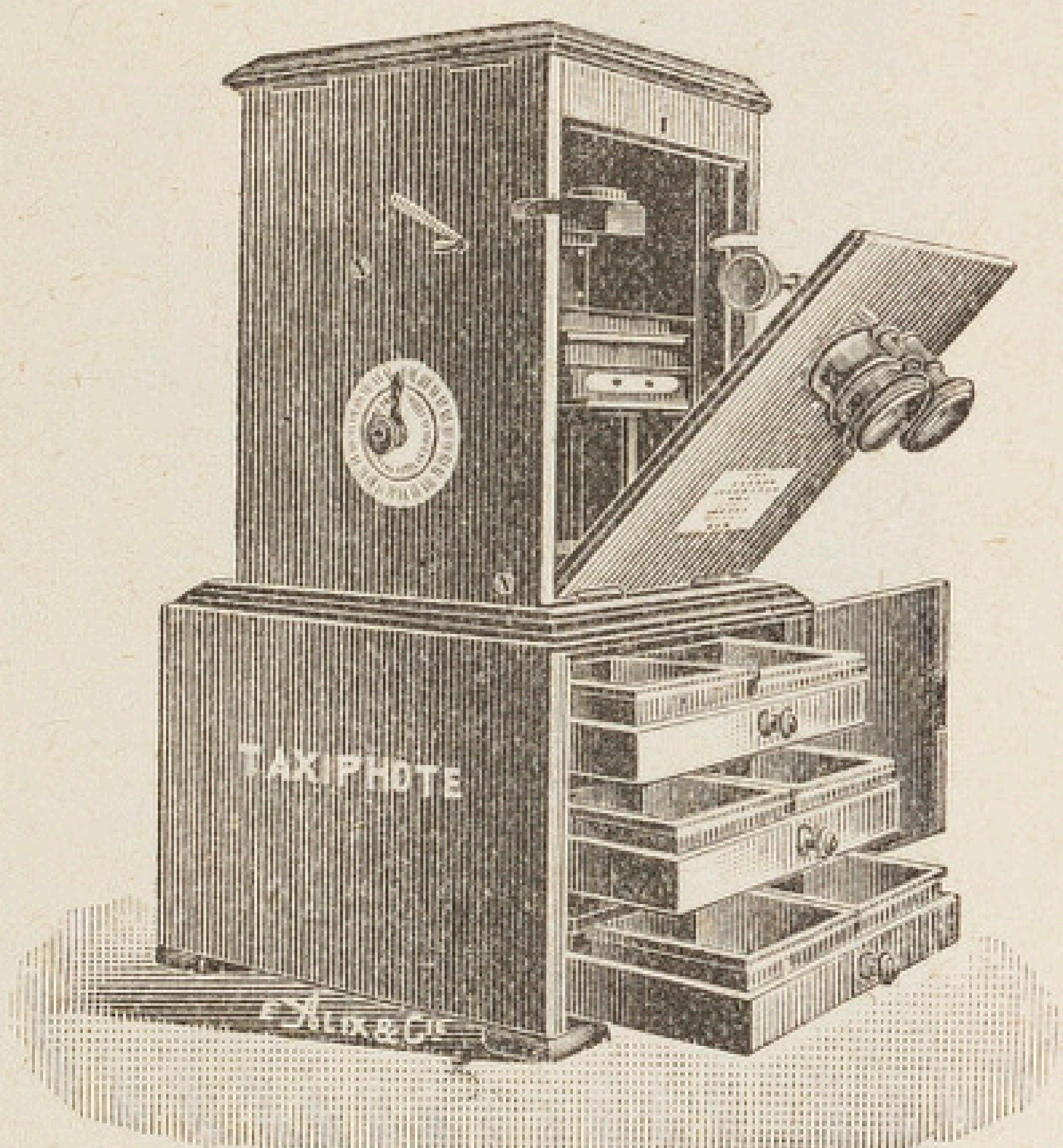


Fig. 25. — Taxiphote ouvert.

de chaque boîte, où chaque vue porte un numéro d'ordre La boîte contenant la vue que l'on désire examiner est placée dans le compartiment supérieur. Il suffit alors, pour amener devant les oculaires la plaque voulue, de placer l'aiguille extérieure sur le numéro correspondant à celui de la plaque et d'appuyer sur un levier : l'image se trouve immédiatement amenée au foyer des lentilles. En appuyant sur une autre manette, on cache les pho-

tographies et l'on démasque l'inscription que porte chaque stéréogramme sur la bande transparente qui sépare les deux images stéroscopiques.

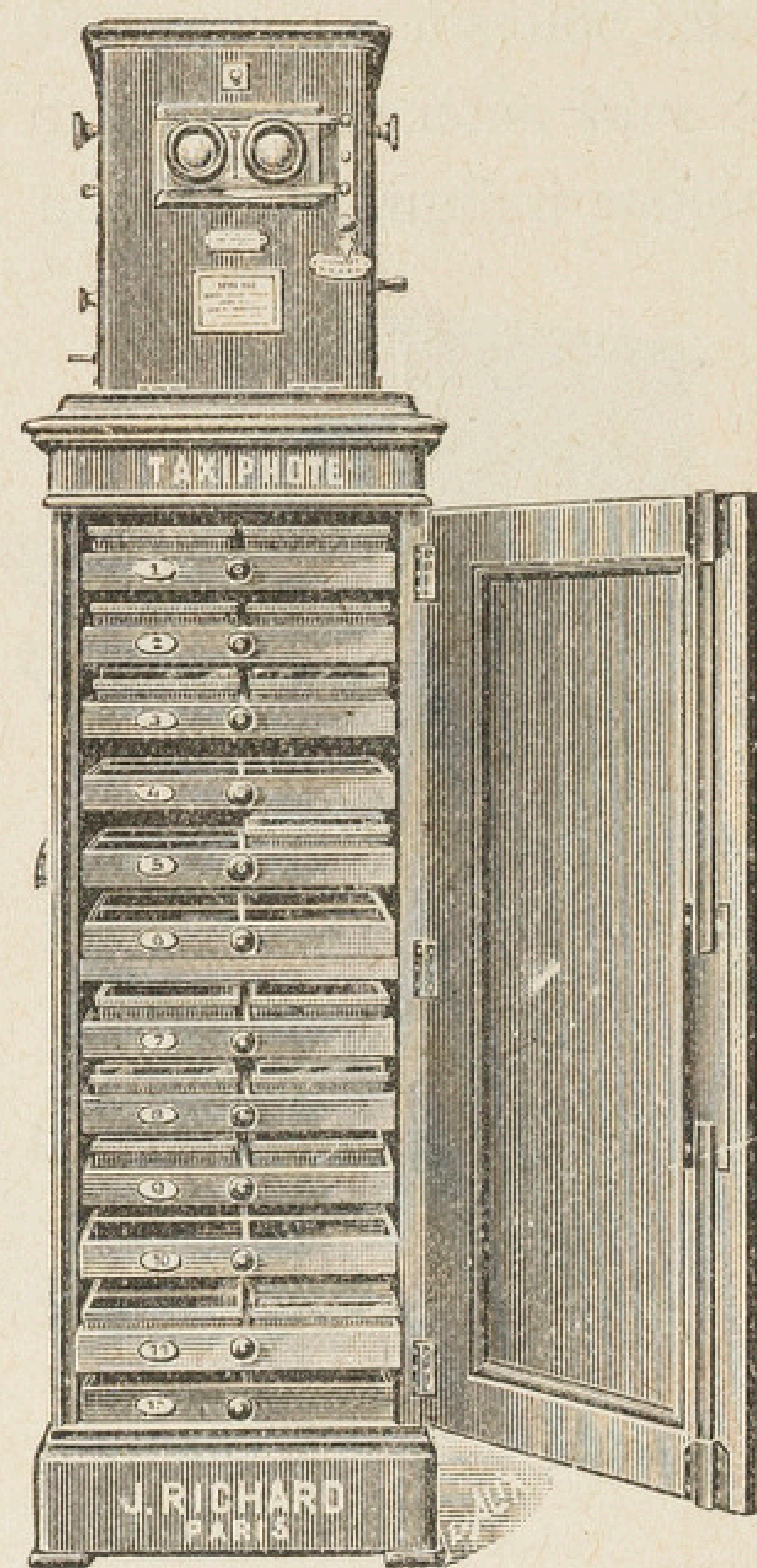


Fig. 26. — Taxiphote monté sur colonne de 1500 vues.

Une troisième manette permet de faire varier l'écartement des oculaires, suivant l'écartement des yeux de chaque observateur.

La mise au point s'effectue à l'aide d'une double crémaillère actionnée par deux boutons moletés.

Le nombre des vues contenues dans le socle n'est limité que par ses dimensions : le modèle représenté fig. 26, peut recevoir jusqu'à 1.500 vues.

Le *Stéréodrome*, de M. Gaumont (fig. 27) contient, derrière les oculaires, un *bloc-classeur* qui porte 20 diapositifs disposés les uns devant les autres, et le mécanisme permettant d'amener en regard du système optique l'une quelconque des images. La collection de diapositifs est groupée par blocs de 20, qui se logent dans des boîtes à rainures permettant un classement très précis.

Le fond de chaque boîte est ouvert, et si, avec un doigt, on pousse par-dessous un des diapositifs, il sort de la boîte, pour y retomber dans sa rainure dès qu'il n'est plus soutenu. Lorsqu'on place une de ces boîtes sur le chariot du stéréodrome, un mécanisme commandé

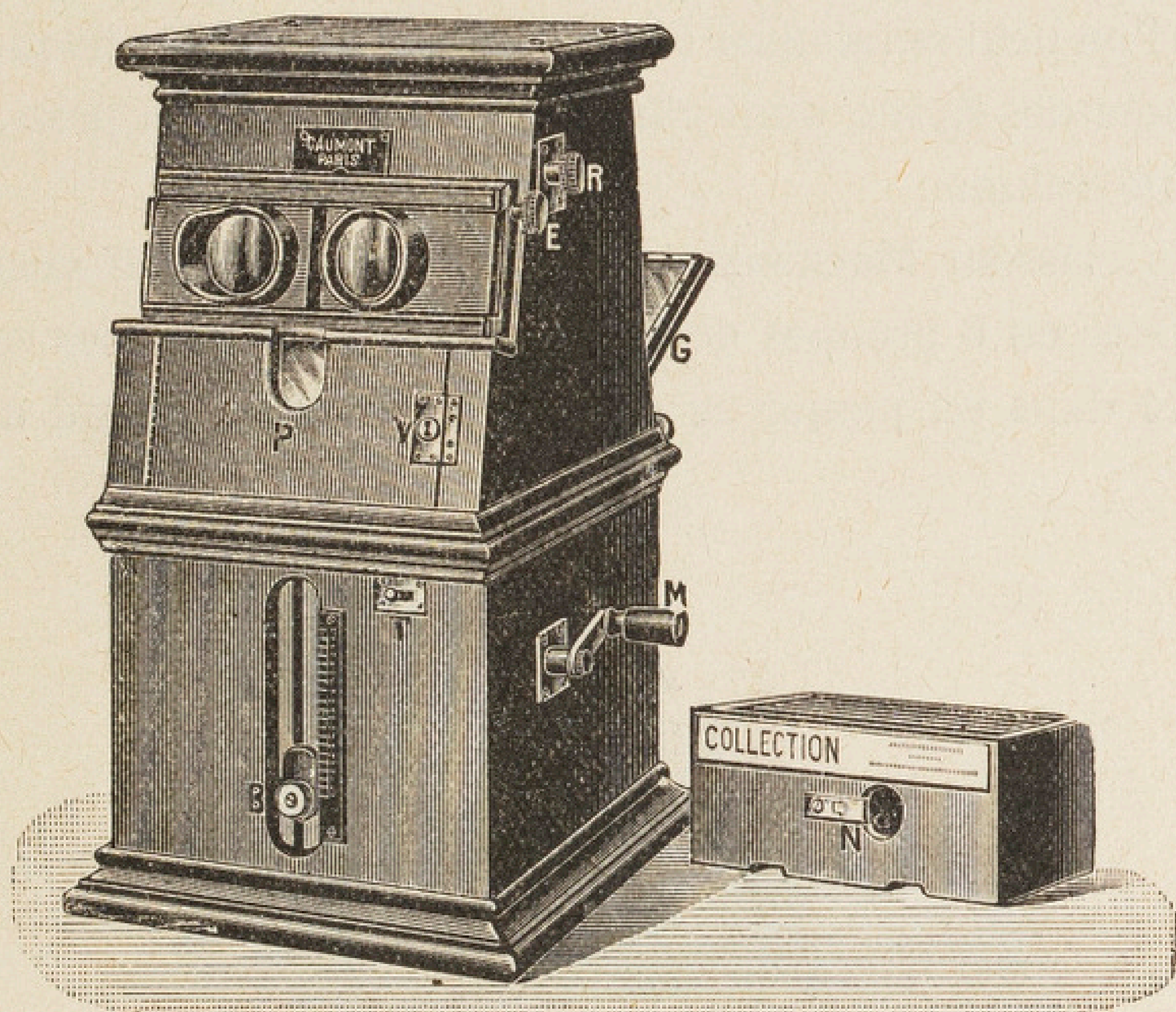


Fig. 27. — Stéréodrome.

par une manivelle latérale fait sortir successivement chaque image de la boîte et la présente au foyer des oculaires. La boîte reculant d'un cran à chaque opération, les images sont toujours au point, pourvu que l'observateur ait amené, une fois pour toutes, les oculaires à la place voulue, au moyen de la crémaillère de réglage.

Si l'on ne veut pas suivre l'ordre dans lequel les vues sont rangées dans la boîte, on amène un bouton spécial sur une graduation qui indique un numéro d'ordre : c'est alors l'image correspondant à ce numéro qui apparaît.

Les boîtes sont enfermées dans des étuis en carton que l'on peut cataloguer et ranger dans une bibliothèque, comme des livres, dont elles ont d'ailleurs à peu près le même volume.

Le classeur Mackenstein (fig. 28) contient 150 vues, divisées en 6 groupes de 25. Chacun de ces groupes est placé dans un panier en ébonite à rainures. Quand un

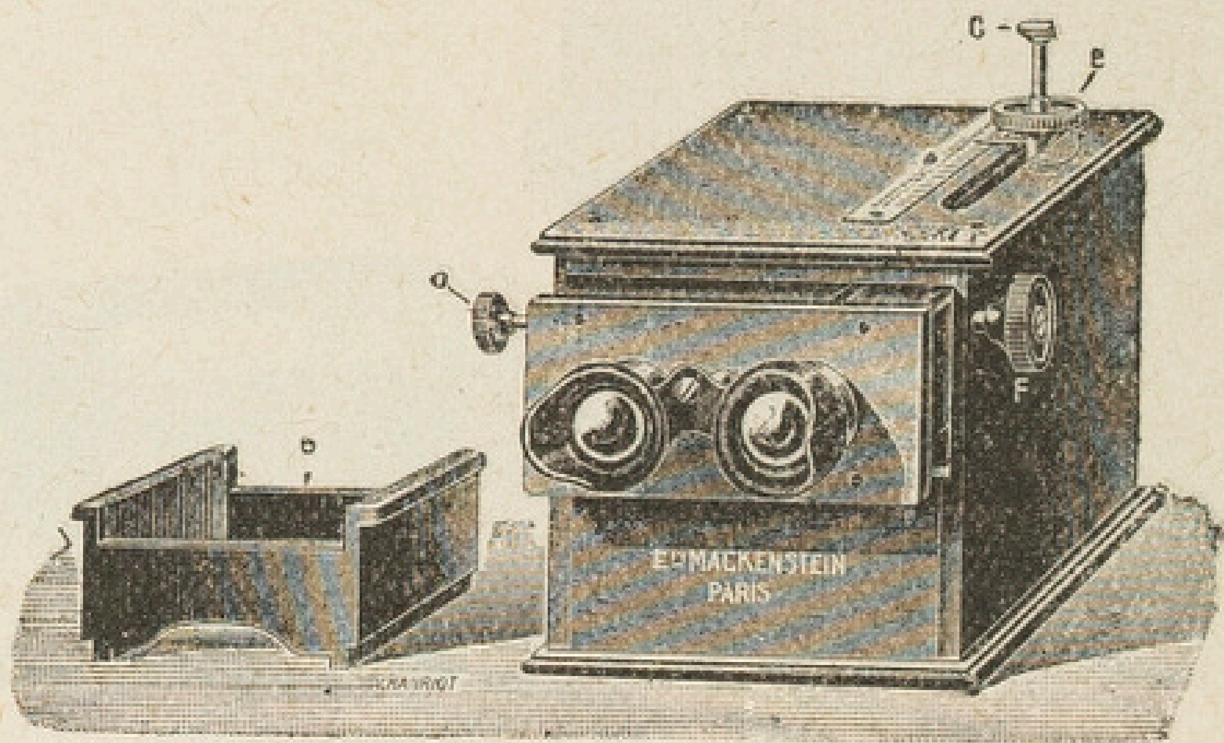


Fig. 28. — Classeur Mackenstein pour vues 45×107 stéréoscopiques.

panier est placé dans la chambre stéréoscopique, chaque plaque se trouve au-dessus d'un levier destiné à la soulever jusqu'en face des oculaires. Ceux-ci sont montés sur un chariot que l'on met en mouvement à l'aide d'un bouton E situé au-dessus de l'appareil et dans lequel

glisse une tige C à ressort qui vient ainsi se poser successivement au-dessus des 25 leviers. Comme le chariot s'avance toujours d'une quantité égale, il en résulte que la manœuvre de l'appareil se réduit à tourner le bouton d'un demi-tour et à peser sur la tige mobile. Du reste, pour éviter toute erreur, un timbre avertisseur vibre chaque fois que le déplacement du chariot s'est opéré, indiquant le moment précis où l'on peut actionner un nouveau levier.

Après avoir examiné toutes les images contenues dans le panier, il suffit de tourner le bouton E d'un quart de tour en sens inverse et de le soulever, pour pouvoir librement ramener le chariot à son point de départ. Ce dispositif permet aussi d'examiner les vues dans un ordre quelconque : on n'a qu'à amener le curseur en face du numéro correspondant de l'échelle graduée et à presser sur la tige mobile, pour soulever le stéréogramme que l'on désire voir.

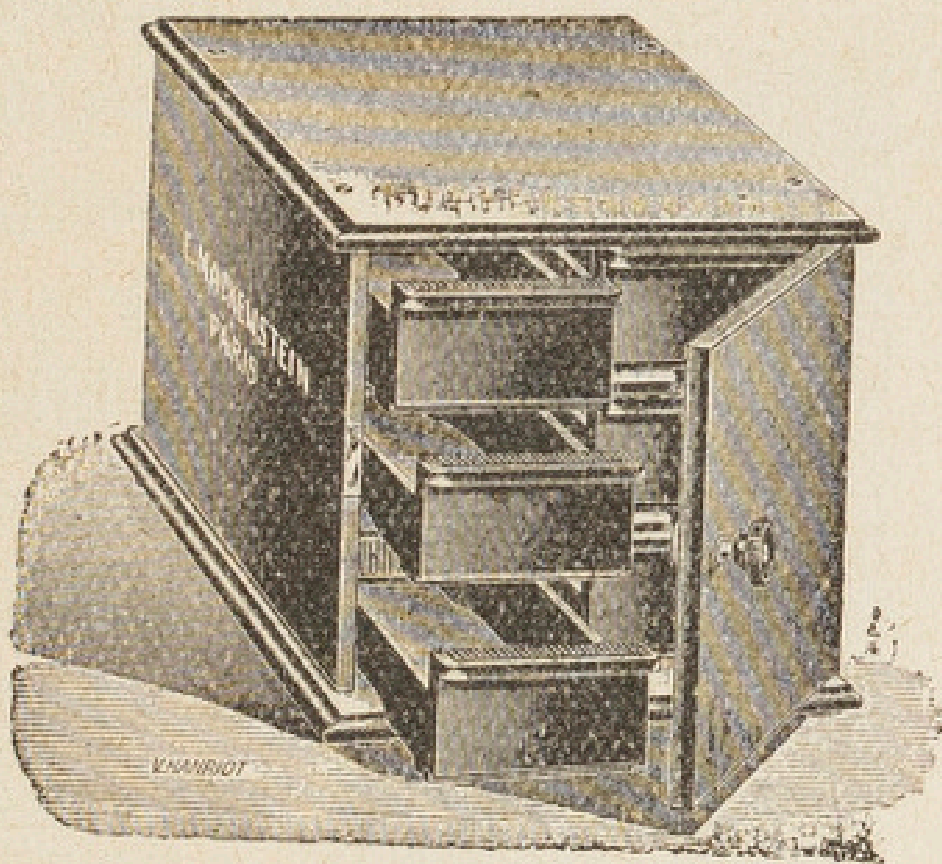


Fig. 29. — Petit meuble servant de socle au classeur Mackenstein et contenant 6 paniers, soit 150 vues.

Les six paniers sont rangés dans un petit meuble (fig. 29) servant de socle au classeur.

M. Toupillier a proposé un stéréoscope où, devant les

oculaires, défilent, à la commande d'un bouton moleté, des diapositifs tirés sur une même bande pelliculaire. Cette disposition permet de réunir sous un faible volume un très grand nombre de vues stéréoscopiques. Elle n'a qu'un inconvénient : c'est que les images imprimées les unes à la suite des autres le long du film se succèdent nécessairement dans un ordre immuable ; tandis que les stéréoscopes classeurs à plaques permettent d'amener immédiatement une image quelconque au foyer des oculaires. En revanche, elle permet l'emploi d'oculaires à court foyer ; tandis que, dans les stéréoscopes à chaînes, le changement des vues exige un espace supérieur à la hauteur des images. Cet inconvénient est également supprimé dans le *Kalloscope* Chauvelon-Richard.



Fig. 30. — Kalloscope.

Dans cet instrument (fig. 30), au moment où doit s'effectuer la substitution d'un diapositif à un autre, le support de la chaîne s'abaisse au-dessous des oculaires. Dans cette position, il n'y a plus aucun obstacle à la rotation de l'arbre qui détermine le changement de plaque, et le diapositif qui a pris la position verticale remonte ensuite automatiquement en face des oculaires, à la place voulue. Rien n'empêche, dès lors, d'utiliser des lentilles ayant même

foyer que le *Vérascope* et de réaliser ainsi les meilleures conditions pour reconstituer la perspective et le relief exacts.

Cette disposition offre un autre avantage. Le changement des vues s'accomplissant en dehors du champ des oculaires, on n'a plus la désagréable sensation de voir fuir chaque image obliquement, à mesure que tourne l'axe de commande : l'arrivée du diapositif, d'un mouvement rapide et parallèle au plan des oculaires, et dans le plan focal, se produit sans aucune gêne pour les yeux.

En tirant un anneau placé sur le côté gauche du Kalloscope, on amène l'un des oculaires en face de la séparation des deux images qui constituent chaque stéréogramme, et l'on voit alors le titre du sujet inscrit au milieu de la plaque.

La chaîne porte 50 cadres ; on peut la démonter très facilement et la remplacer, en quelques instants, par une autre semblable, ce qui permet d'examiner presque sans interruption une nombreuse collection de vues stéréoscopiques.

5. — **Stéréoscopes spéciaux**

Les stéréoscopes décrits dans le paragraphe précédent sont le modèles usuels, destinés à l'examen binoculaire des vues que l'on trouve facilement dans le commerce ou que l'on peut exécuter soi-même avec les appareils et les plaques de formats courants. Il n'est pas inutile de mentionner aussi quelques dispositions peu usitées, excep-

tionnelles même, mais néanmoins susceptibles de recevoir, dans certains cas, d'intéressantes applications.

Le stéréoscope à miroirs n'est pas complètement abandonné : on en construit, au contraire, de très précis, pour l'analyse de certaines épreuves documentaires dont les dimensions sont trop grandes pour qu'il soit possible de les étudier dans le stéréoscope à réfraction. Nous en verrons, notamment, un exemple, à propos de la radiographie (chapitre V.) Lorsqu'on se sert d'un instrument de ce genre, il est nécessaire de tenir compte d'une particularité résultant des conditions dans lesquelles sont regardées les images : il faut placer sur le cadre de gauche celle qui serait à droite dans un stéréoscope à lentilles, et vice-versa. Sans cette transposition, nécessitée par la réflexion sur les miroirs, on observerait un effet pseudoscopique. De plus, il ne faut pas oublier que toute image vue dans un miroir est inversée. C'est ainsi qu'une inscription s'y montrera à l'envers. Il convient donc que les épreuves destinées à l'examen dans le stéréoscope à miroir soient tirées d'après des contretypes symétriques du cliché initial.

M. Pigeon a proposé une disposition différente pour l'examen binoculaire des grandes images. Les deux vues à examiner sont appliquées sur les deux faces d'un angle dièdre. Sur la traverse supérieure d'un cadre en bois qui coupe l'angle suivant sa bissectrice en deux parties égales, on a fixé un petit miroir tournant sa face réfléchissante vers l'image de gauche. Pour éprouver

la sensation du relief, il suffit que chaque œil voie l'image qui lui est destinée : cette condition sera remplie si, plaçant le nez contre la face non argentée du miroir, on regarde dans celui-ci, avec l'œil gauche, l'image de gauche, tandis qu'avec l'œil droit on regarde directement l'image de droite. Par suite de sa réflexion dans le miroir, l'image de gauche sera vue comme si elle était superposée sur l'autre image, et la fusion s'opérera en donnant une seule image en relief.

Il va sans dire que l'image destinée à être vue dans le miroir doit être tirée à l'envers. Ce n'est pas là un inconvénient, car ce stéréoscope s'appliquant aux grands formats, il sera généralement nécessaire de faire un agrandissement et il suffira de retourner l'un des clichés.

A défaut de stéréoscope, il existe divers moyens de percevoir le relief binoculaire.

En 1858, le physicien italien Zinelli signalait la possibilité de remplacer le stéréoscope par une jumelle de théâtre. Le stéréogramme est placé verticalement, à la distance d'environ un mètre d'une fenêtre, de telle sorte qu'il soit bien éclairé. En l'observant ainsi avec la lorgnette, si l'on a soin de bien mettre au point, on voit l'image avec tout son relief.

A la même époque, le physicien français Faye faisait connaître le moyen d'utiliser dans le même but une simple carte, un feuille de papier même, percée de deux trous. Ce dispositif très simplifié a reçu le nom de *stéréoscope omnibus*. Les deux trous ont environ 2 millimètres

de diamètre et sont séparés l'un de l'autre par une distance à peu près égale à celle qui existe entre les deux prunelles de l'observateur. En réglant les positions respectives de la carte percée et de l'image double, en approchant le tout des yeux, on trouve une position pour laquelle les deux trous semblent se confondre en un seul : alors, l'image apparaît en relief. Toutefois, les presbytes sont prévenus qu'ils doivent renoncer à se servir de cette combinaison, car l'effet stéréoscopique ne se réalise pas dans ces conditions, lorsque la vue est un peu longue.

Une légère modification à la disposition précédente permet de réaliser la vision binoculaire par croisement des axes optiques. Plaçons près des yeux, à trois centimètres environ, un carton *k* (fig. 31) percé de deux trous *m n*, écartés de cinq centimètres, de façon que l'œil droit puisse voir l'élément gauche A d'un stéréogramme, et l'œil gauche l'élément droit B. Si le stéréogramme est monté comme d'habitude, nous observerons un effet pseudoscopique ; mais, si les éléments sont inversés de gauche à droite, nous verrons un effet stéréoscopique correct.

On obtiendrait les même résultats avec un carton percé d'un seule ouverture P correspondant aux diamètres des cônes visuels à leur point de croisement.

La vision stéréoscopique croisée n'est pas limitée, comme la vision normale, à un format restreint : on peut, à volonté, utiliser des épreuves 13 × 18, 24 × 30, etc.

Certains observateurs perçoivent directement le relief, sans le secours d'un stéréoscope ni d'aucun dispositif

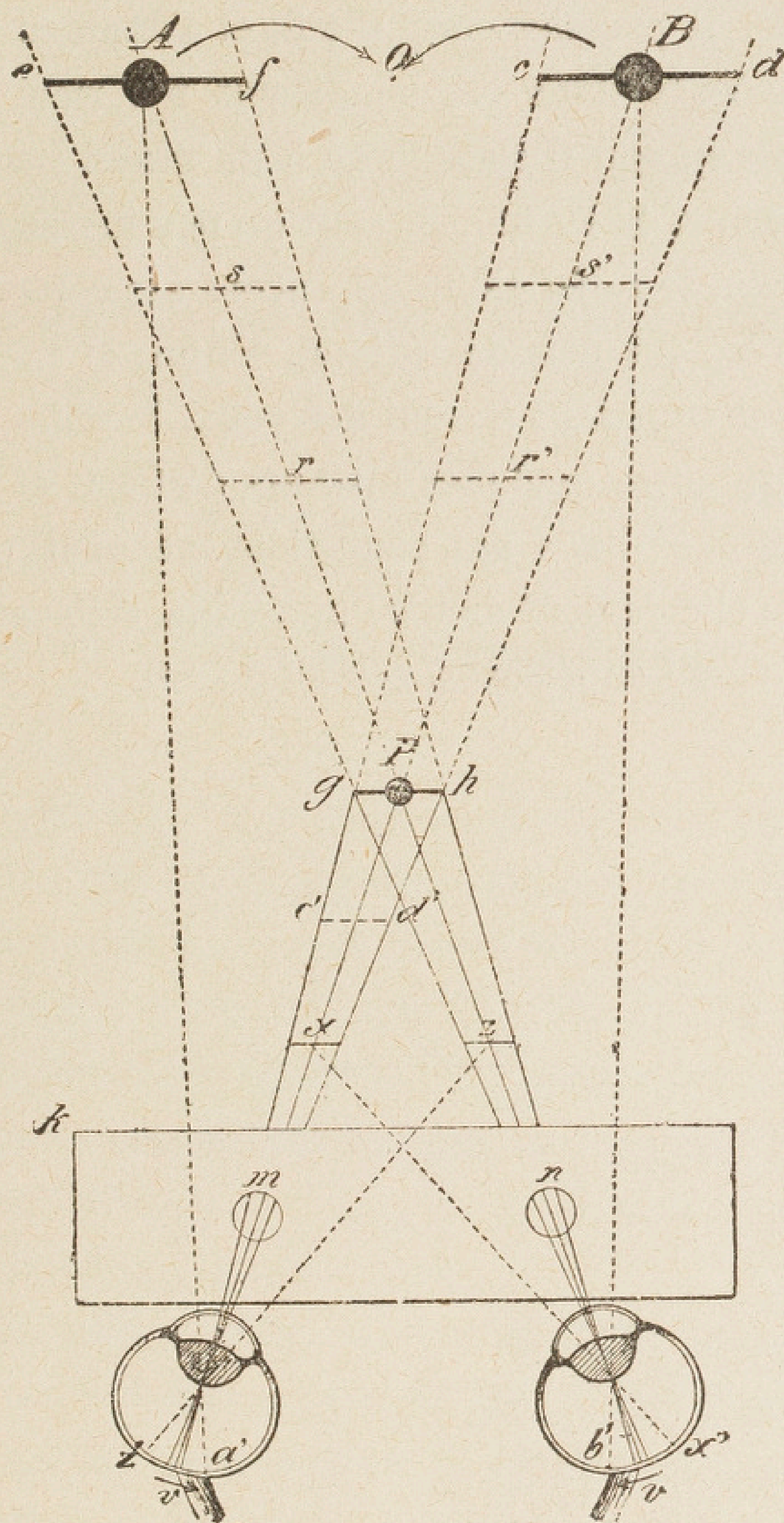


Fig. 31. — Fusion par croisement (réduction de 1/2).

particulier. Cependant, ils saisissent ce relief plus ou moins aisément, selon l'écartement des homologues. Quand cet écartement est égal à celui des yeux, le relief est saisi dès le premier coup d'œil, et l'examen stéréoscopique exécuté dans ces conditions n'a rien de fatigant, même quand il s'applique à un grand nombre de stéréogrammes. Si les images sont un peu moins écartées que les yeux, le relief s'obtient encore assez facilement, quoique avec un peu de fatigue. Enfin, si l'écart des épreuves est supérieur à celui des yeux, le relief ne peut être saisi qu'après quelques instants d'effort, et l'observation effectuée dans ces conditions ne peut pas être prolongée ; elle devient même impossible, si l'écartement est notablement supérieur à celui des yeux

---

CHAPITRE II

MATÉRIEL STÉRÉOPHOTOGRAPHIQUE

---

1. — Formats stéréoscopiques

Le stéréoscope à miroirs convient à l'observation binoculaire de tous les stéréogrammes, quel qu'en soit le format ; mais il n'en est pas de même pour le stéréoscope à oculaires réfracteurs, qui est, de beaucoup, le plus répandu. Si la hauteur des images destinées à cet instrument n'est déterminée que par des considérations d'ordre esthétique, leur largeur est strictement limitée par l'écartement de nos yeux.

Les phototypes stéréoscopiques étant exécutés, soit sur une seule plaque portant les deux images juxtaposées, soit sur deux plaques distinctes, on trouve dans le commerce les formats suivants, désignés par leurs dimensions en centimètres, à l'exception du premier,

dont la largeur et la longueur sont exprimées en millimètres.

SUR PLAQUE UNIQUE		SUR PLAQUES SÉPARÉES
45 × 107		
6 × 13	ou	6 × 6 1/2
7 × 13		
7 × 15		
8 × 16	ou	8 × 8
8 × 18	ou	8 × 9
9 × 18		

Aucun de ces formats ne satisfait aux prescriptions du Congrès photographique tenu à Bruxelles en 1891, et celui qui s'en rapprocherait le plus, le 7 × 15, est le moins usité. C'est que les dimensions adoptées par le Congrès (v. page 24) correspondent à un écartement de 7 centimètres entre les centres des deux images, tandis que l'écartement des yeux humains est ordinairement compris entre 62 et 65 millimètres.

Les formats les plus répandus sont le 45 × 107 et le 6 × 13. Le premier a le défaut de ne pas utiliser toute la surface sensible : il faut, en effet, que la distance entre les centres soit de 65 millimètres, ce qui oblige à laisser un vide entre les deux images (fig. 32). En revanche, ce format offre l'avantage de réduire au minimum le volume et le poids du matériel photographique, ainsi que le prix de revient des stéréogrammes. Quant à l'exiguïté des images, elle est amplement compensée par le relief et d'ailleurs très atténuée par le grossissement que déterminent les lentilles du stéréoscope.

Le format 7 × 13 est le plus rationnel, parce qu'il utilise exactement la surface entière de la plaque, à l'exception toutefois de quelques millimètres, inévitablement perdus par suite de la cloison qui partage la

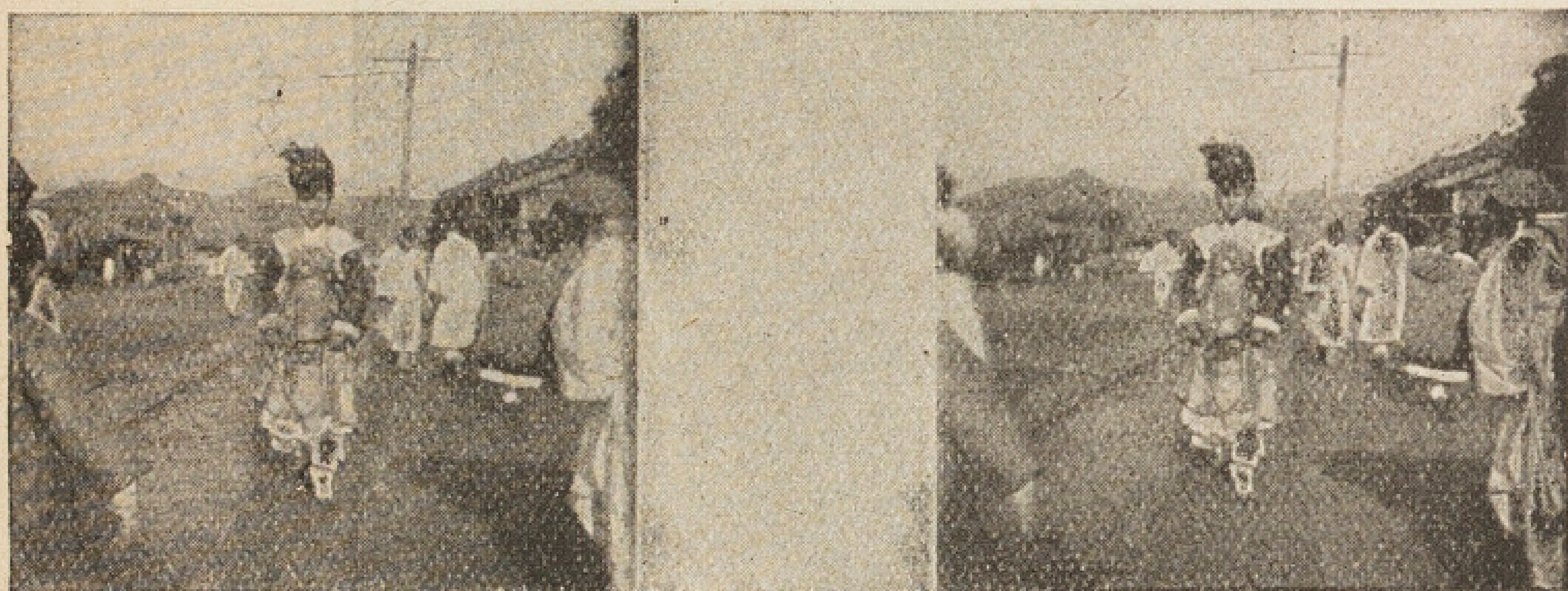


Fig. 32. — Stéréogramme 45×107.

chambre noire en deux cellules et des marges presque toujours un peu abîmées par le décollement de la gélatine.

Les formats supérieurs sont trop larges. L'écart entre les objectifs est nécessairement de huit centimètres pour le 8 × 16, et de neuf centimètres pour le 8 × 18 ou le 9 × 18. Il sera donc nécessaire de couper les bords de chaque épreuve, afin que leurs centres se placent en regard des oculaires du stéréoscope. Le relief paraîtra alors exagéré, puisqu'on examinera les images avec un écart inférieur à celui qui existait entre les objectifs.

Quant à la hauteur des images, elle offre plus de lati-

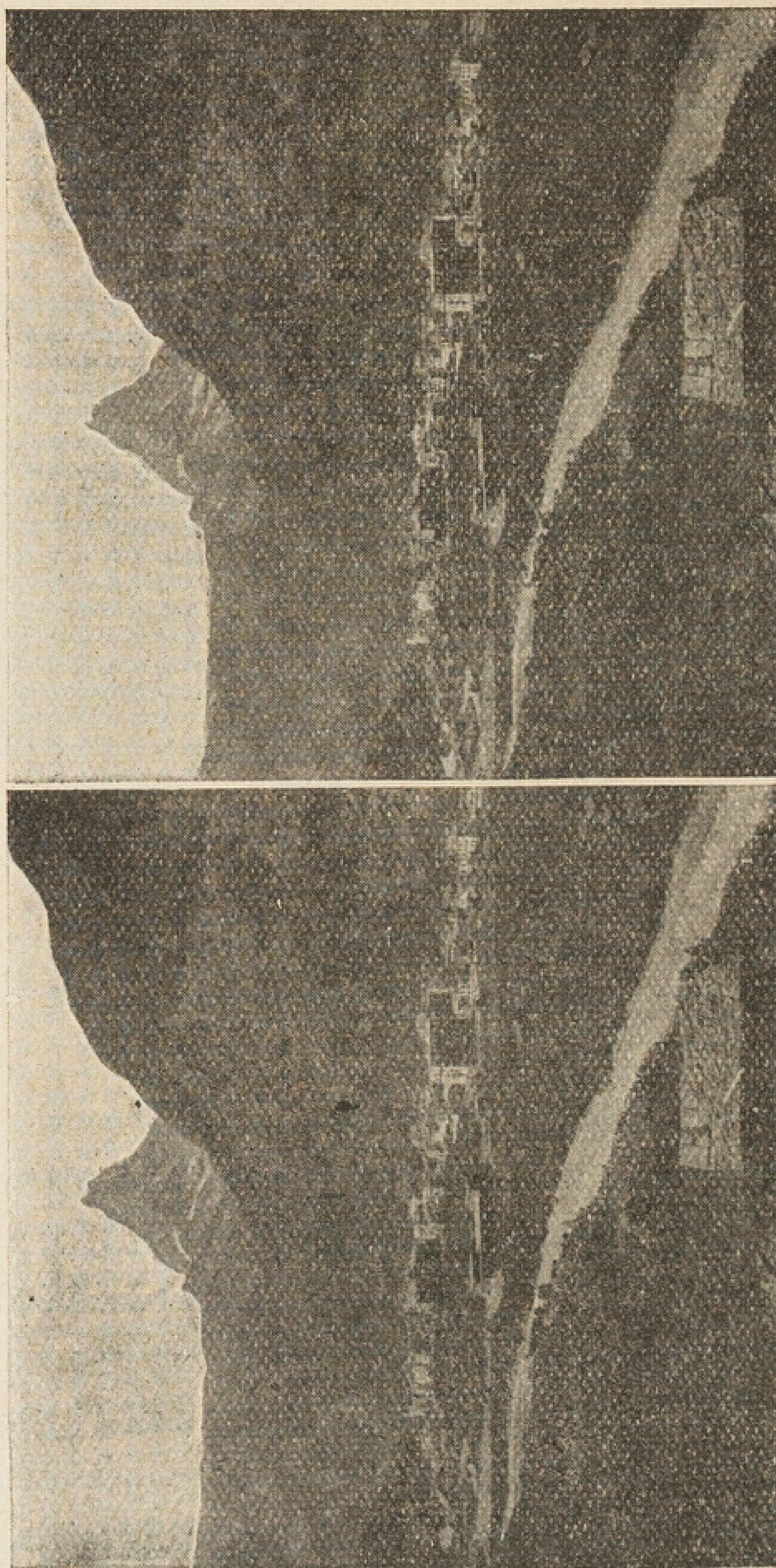


Fig. 33. — Fac-similé d'une épreuve du Vérascope 7×13.

tude. Rien ne s'oppose, notamment, à un format plus haut que large : c'est une question de goût ; il s'agit seulement d'harmoniser la disposition du tableau avec le sujet représenté. Cependant, le format carré est, en principe, préférable, parce qu'il utilise toute la surface couverte par l'objectif. Si le sujet est mieux présenté sous des proportions différentes, plus haut que large ou inversement, il est bien facile de limiter l'image dans un sens ou dans l'autre, soit en rognant l'épreuve, si elle est tirée sur papier, soir en masquant le diapositif, si l'image est sur verre, par des bandes de papier noir ; tandis que les formats inégaux rendent impossible l'une des deux dispositions et sacrifient en pure perte une partie de la surface couverte par l'objectif.

2. — Chambres noires stéréophotographiques

La chambre noire stéréophotographique est partagée en deux cellules par une cloison opaque. Les images formées par deux objectifs identiques se projettent, soit sur une plaque unique, de forme oblongue, soit sur deux plaques distinctes, à peu près carrées. Ces plaques sont contenues, tantôt dans des châssis qui n'en reçoivent qu'une ou deux, tantôt dans un *magasin* susceptible d'en renfermer une douzaine. Certains appareils utilisent aussi des pellicules de celluloïd, soit en rouleau monté sur bobines, soit en feuilles superposées (film-pack, bloc-film, etc.)

Les appareils de petit format, 45 × 107 par exemple, sont presque toujours constitués par une boîte rigide, qui n'est pas trop volumineuse et peut facilement être transportée dans un sac peu encombrant. La distance qui sépare les objectifs de la surface sensible est invariable. La mise au point est, en effet, presque toujours inutile, car il résulte de la faible distance focale des objectifs que tous les objets sont nets à partir de 4 ou 5 mètres. Si l'on veut opérer de plus près, on n'a qu'à ajouter des *bonnettes*, c'est à dire des lentilles supplémentaires serties dans des bagues qui s'adaptent très facilement aux tubes des objectifs. Cette combinaison offre moins de complication que la mise au point par extension de la chambre, qui rend l'appareil plus coûteux, quoique moins solide et même moins précis, à cause du jeu qu'il est nécessaire de laisser à la partie mobile.

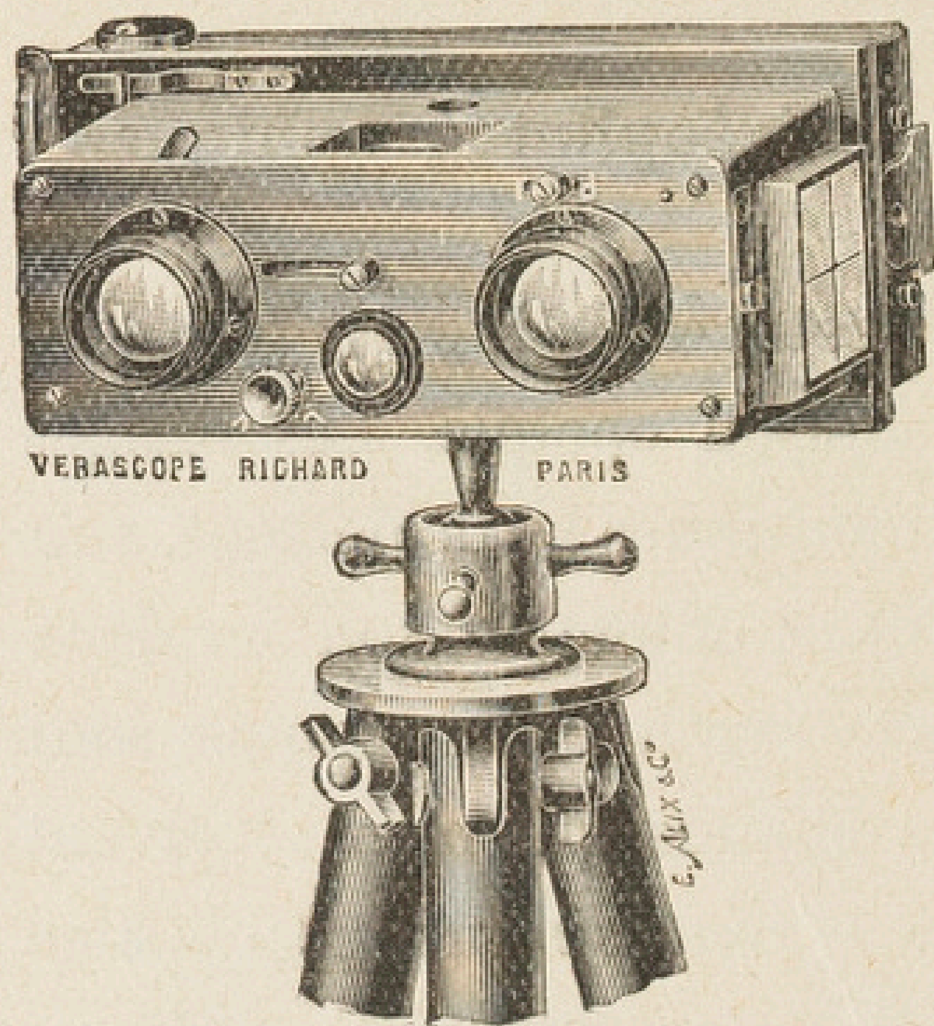


Fig. 34. — Vérascope.

A ces indications générales il convient d'ajouter quelques détails sur les modèles les plus répandus.

Le *Vérascope* Richard (fig. 34) est en cuivre argenté et ne pèse que 980 grammes, tout chargé de ses douze plaques 45 × 107. Ces plaques sont portées

par douze châssis de fer renfermés dans une boîte à escamoter formant magasin. Un compteur fait constamment connaître le nombre de plaques exposées. Les deux objectifs, aplanats ou anastigmats, sont munis d'obturateurs instantanés et à pose avec déclanchement à main et déclanchement pneumatique. Un viseur à lentille convexe montre le champ de ce que contiendra la photographie, et un viseur clair, à lentille concave, permet de faire fonctionner l'appareil à la hauteur de l'œil.

Le Vérascope n'est pas seulement un appareil photo-

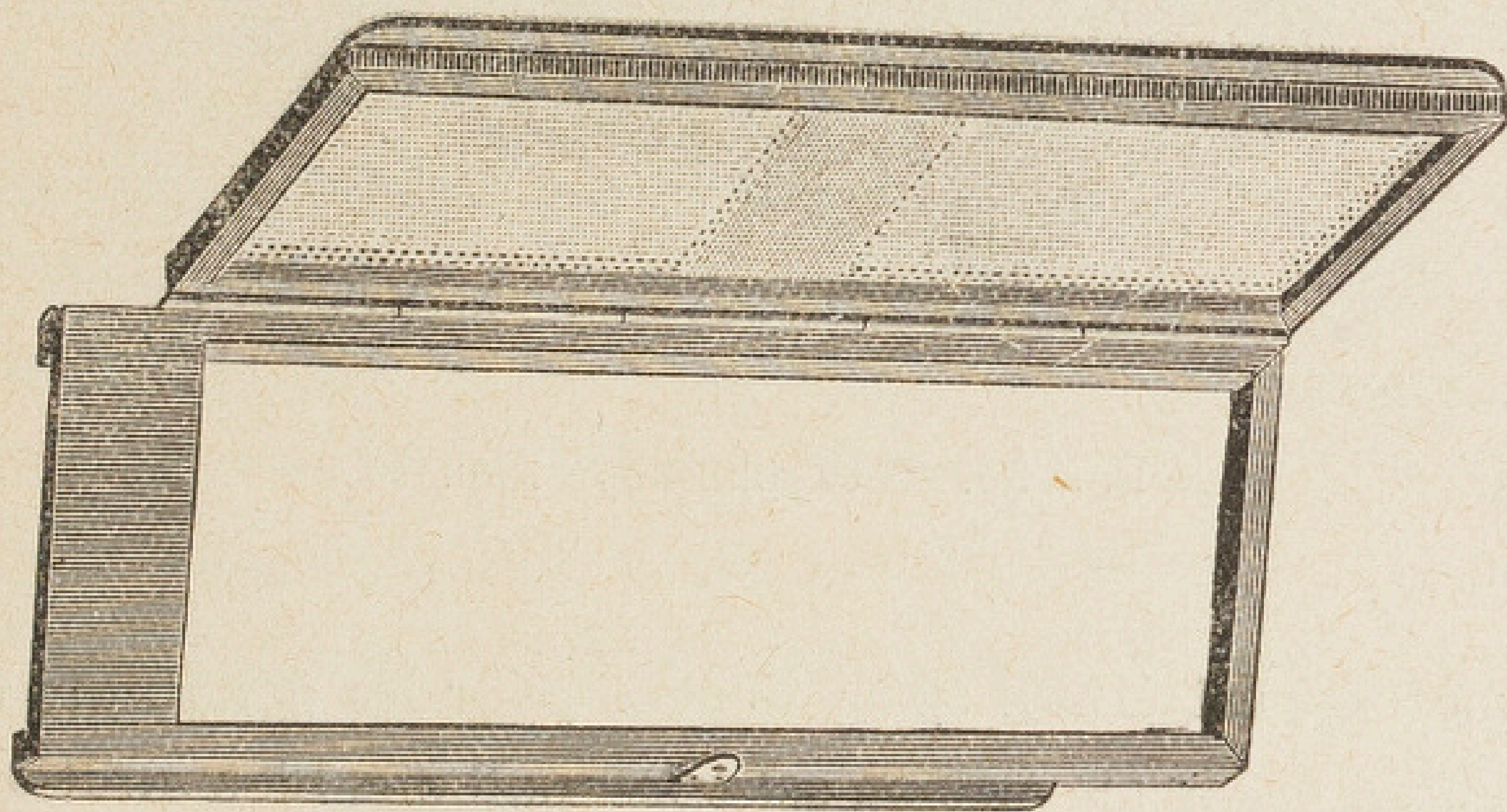


Fig. 35

Châssis pour regarder les positifs dans le Vérascope.

graphique : c'est aussi un stéréoscope, basé sur le principe du retour inverse des rayons, qui permet de voir l'image dans ses dimensions exactes et avec sa perspective juste. Pour utiliser le Vérascope sous forme de sté-

réoscope, il suffit d'enlever le magasin et de le remplacer par un châssis à verre dépoli (fig. 35) muni de deux rainures entre lesquelles on glisse les positifs, qui doivent être transparents.

Cet instrument a été le prototype d'une foule d'appareils similaires construits sur le même principe de la réversibilité. Le *Glyphoscope* (fig. 36), du même cons-

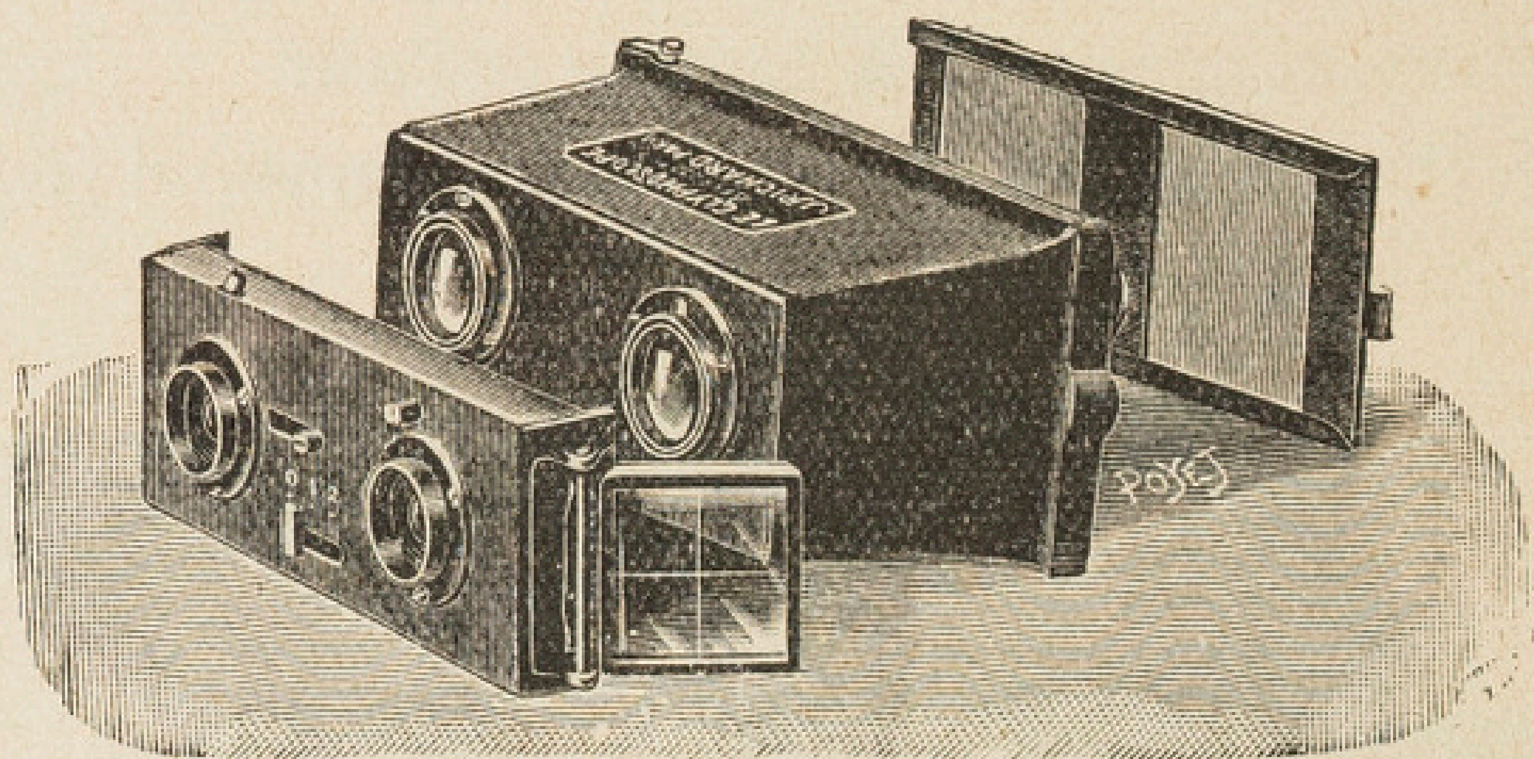


Fig. 36. — Glyphoscope Richard.

tructeur, est établi spécialement pour les débutants en photographie : le prix en est très modique, bien qu'il soit d'une précision suffisante dans la plupart des cas. La chambre noire, en ivorine, est absolument rigide et inaltérable. Les objectifs simples dont elle est munie n'ont évidemment pas la même rapidité que les anastigmats de grande ouverture et de prix élevé, mais ils permettent cependant l'instantané par belle lumière. Son poids n'atteint pas un demi-kilo, parce qu'il n'y a pas de maga-

sin : chaque plaque est enfermée dans un petit châssis en métal. Les objectifs ont 54 millimètres de foyer et donnent des images nettes de tous les objets au delà de trois mètres.

L'avant de la chambre, qui porte les diaphragmes et le double obturateur, est amovible : en l'enlevant, on utilise pour l'examen binoculaire des images toute la surface des lentilles. Les diapositifs se glissent à la place des châssis, dans un petit cadre à verre dépoli.

M. Richard construit également un appareil à pellicules, l'*Homéos* (fig. 37), qui permet d'utiliser les films cinématographiques en bobines se chargeant en plein jour. Les objectifs, de 28 millimètres de foyer, sont séparés par un intervalle de 57 millimètres. La pellicule a $1^{m}15$ de longueur et peut fournir 27 vues stéréoscopiques. Les images mesurent 19 × 24 millimètres, et chacune d'elles occupe quatre perforations du film sur sa largeur. L'écartement de deux points homologues étant de 57 millimètres, soit trois fois la largeur d'une épreuve, il fallait imaginer un artifice pour utiliser toute la surface sensible du film. Ce résultat a été obtenu en faisant avancer la pellicule, après chaque exposition, d'une longueur égale à la largeur de deux épreuves. Dans ces conditions si l'on numérote 1, 2, 3, 4,... les emplacements successifs des images, les couples stéréoscopiques seront constitués par les clichés 1-4, 3-6, 5-8, 7-10, et ainsi de suite.

L'impression des bandes positives s'effectue très facilement et très rapidement à l'aide d'une tireuse spéciale. Un dispositif très précis de repérage permet, au besoin, de passer les mauvais clichés d'une bande négative, et de compléter la positive par des vues d'une autre série de négatifs.

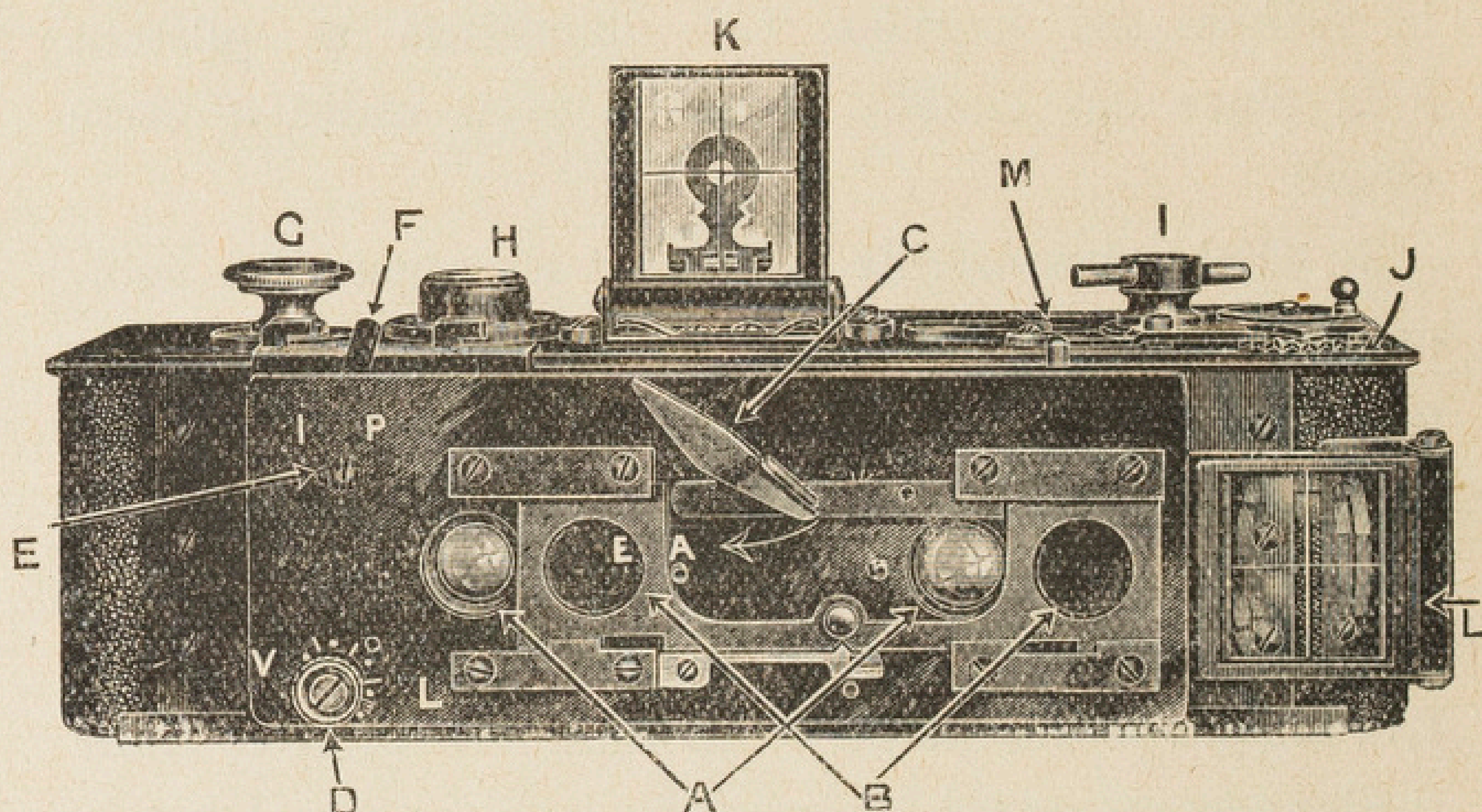


FIG. 37. — Homéos.

AA. Objectifs visibles seulement lorsque l'obturateur est ouvert.
BB. Bonnettes.
C. Levier servant à armer l'obturateur.
D. Régulateur de vitesse de l'obturateur.
E. Bouton poussoir pour passer de la pose à l'instantané, ou vice-versa.
F. Déclancheur de l'obturateur. Le déclancheur mécanique habituellement employé n'est pas représenté sur la gravure.
G. Bouton de tension de la pellicule.
H. Niveau sphérique.
I. Clef d'enroulement de la pellicule.
J. Compteur.
K. Viseur direct, ouvert.
L. Viseur direct auxiliaire, fermé.
M. Index pour changer les ouvertures des diaphragmes

Le développement des films, positifs ou négatifs, ne présente aucune particularité. Toutefois, il est rendu plus aisé par l'emploi d'un support à ressort, sur lequel on enroule la pellicule, que l'on plonge alors commodément dans les bains.

Pour l'examen des images positives, M. Richard a établi un stéréoscope spécial (fig. 38), avec mise

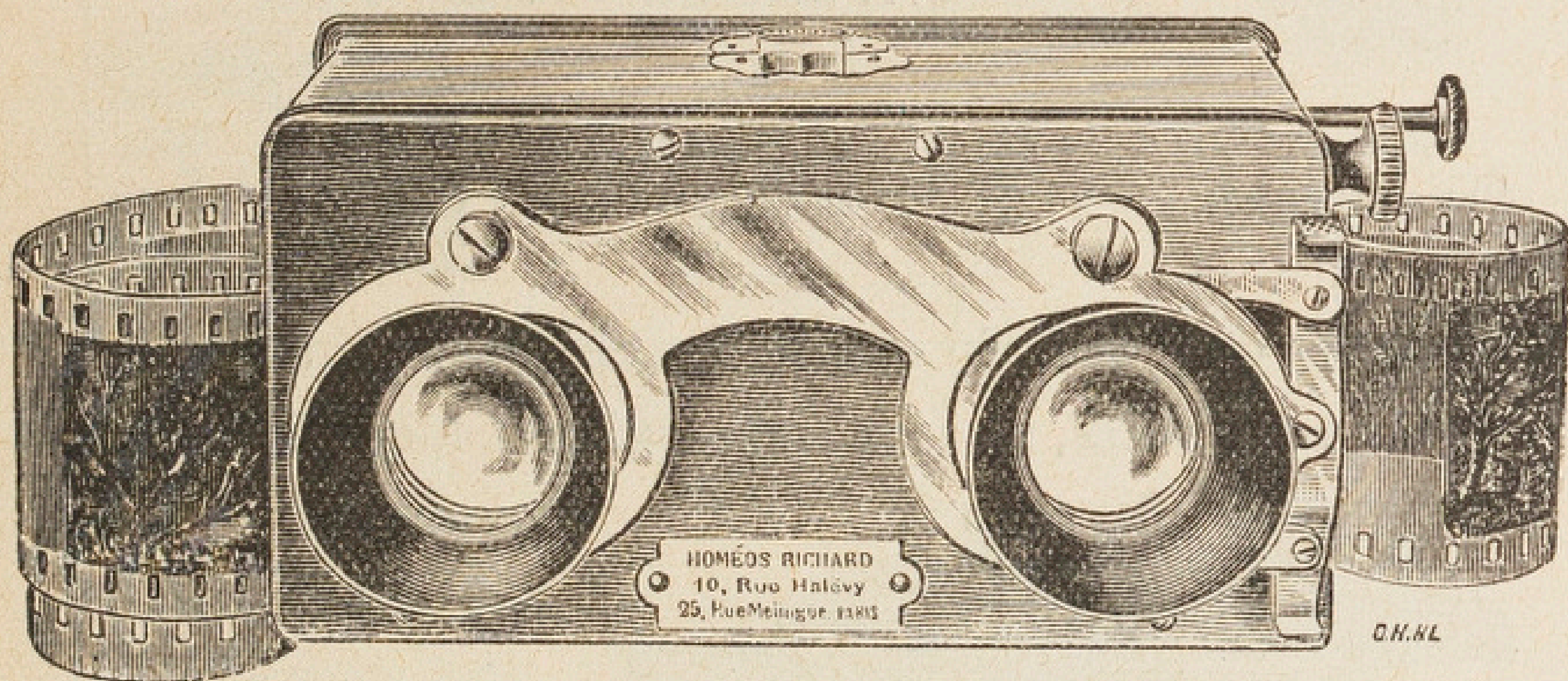


Fig. 38. — Stéréoscope pour l'examen des vues obtenues avec l'*Homéos*.

au point et écartement variable des oculaires. Un dispositif très simple d'entraînement de la pellicule permet de passer automatiquement d'un stéréogramme au suivant, sans hésitation et sans risque d'en omettre.

Le *Physiographe*, inventé par M. Bloch, a la forme

d'une jumelle de marine (fig. 39) ; mais, à la place habituellement occupée par les objectifs, il n'y a que deux

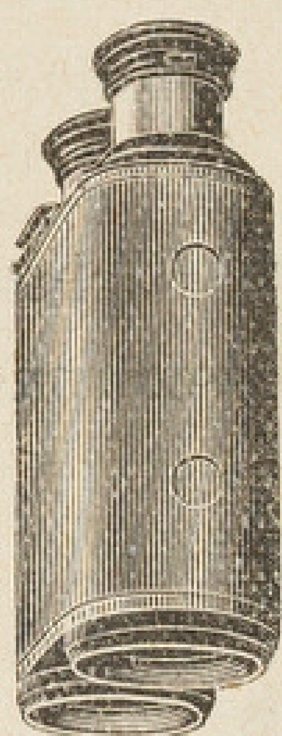


Fig. 39
Physiographe.



Fig. 40. — Visée avec le Physiographe.

rondelles opaques. En réalité, les objectifs sont disposés sur l'un des côtés, de telle sorte qu'il est facile de photographier le modèle sans qu'il s'en doute, l'opérateur paraissant viser dans une direction toute différente (fig.40.)

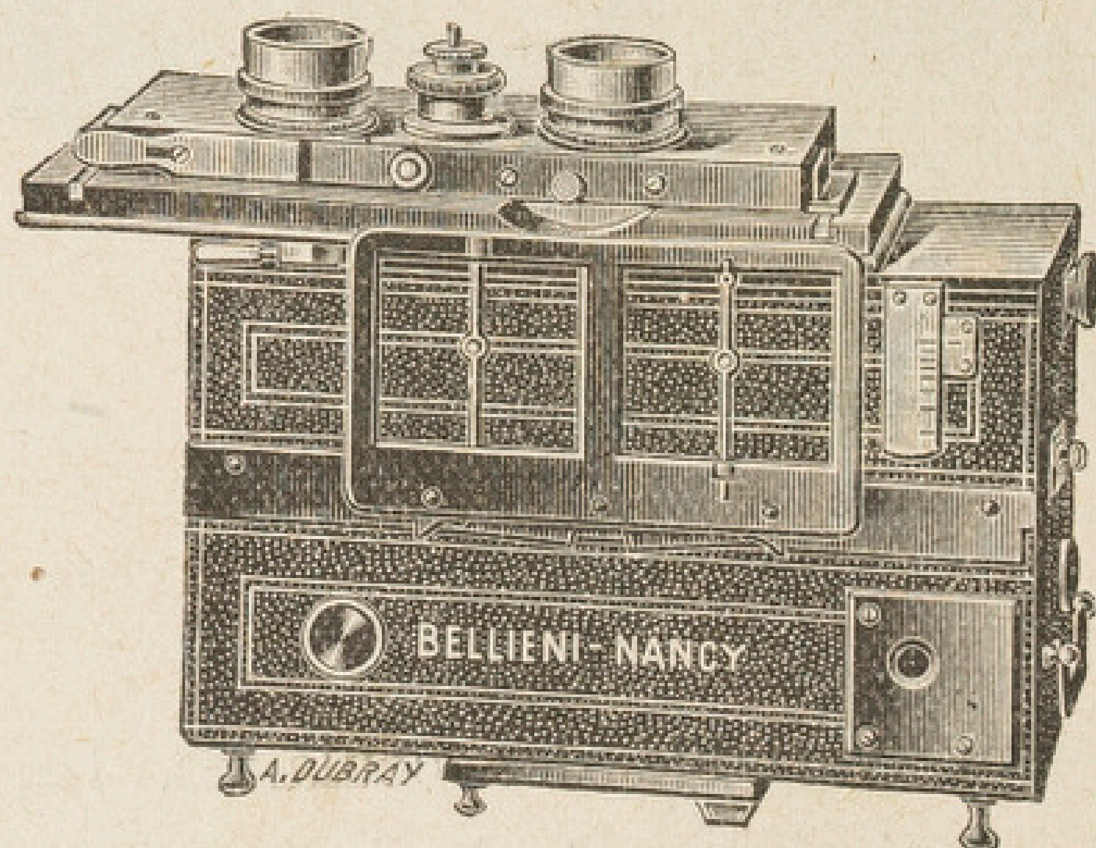


Fig. 41. — Jumelle stéréoscopique.

Le format des images est de 45 × 107.

D'autres appareils stéréoscopiques portent le nom de *jumelles*, bien que leur aspect ne rappelle en rien celui des lunettes d'approche binoculaires. La figure 41 en

représente un excellent spécimen, construit avec toute la précision désirable par M. Bellieni. Citons encore, dans

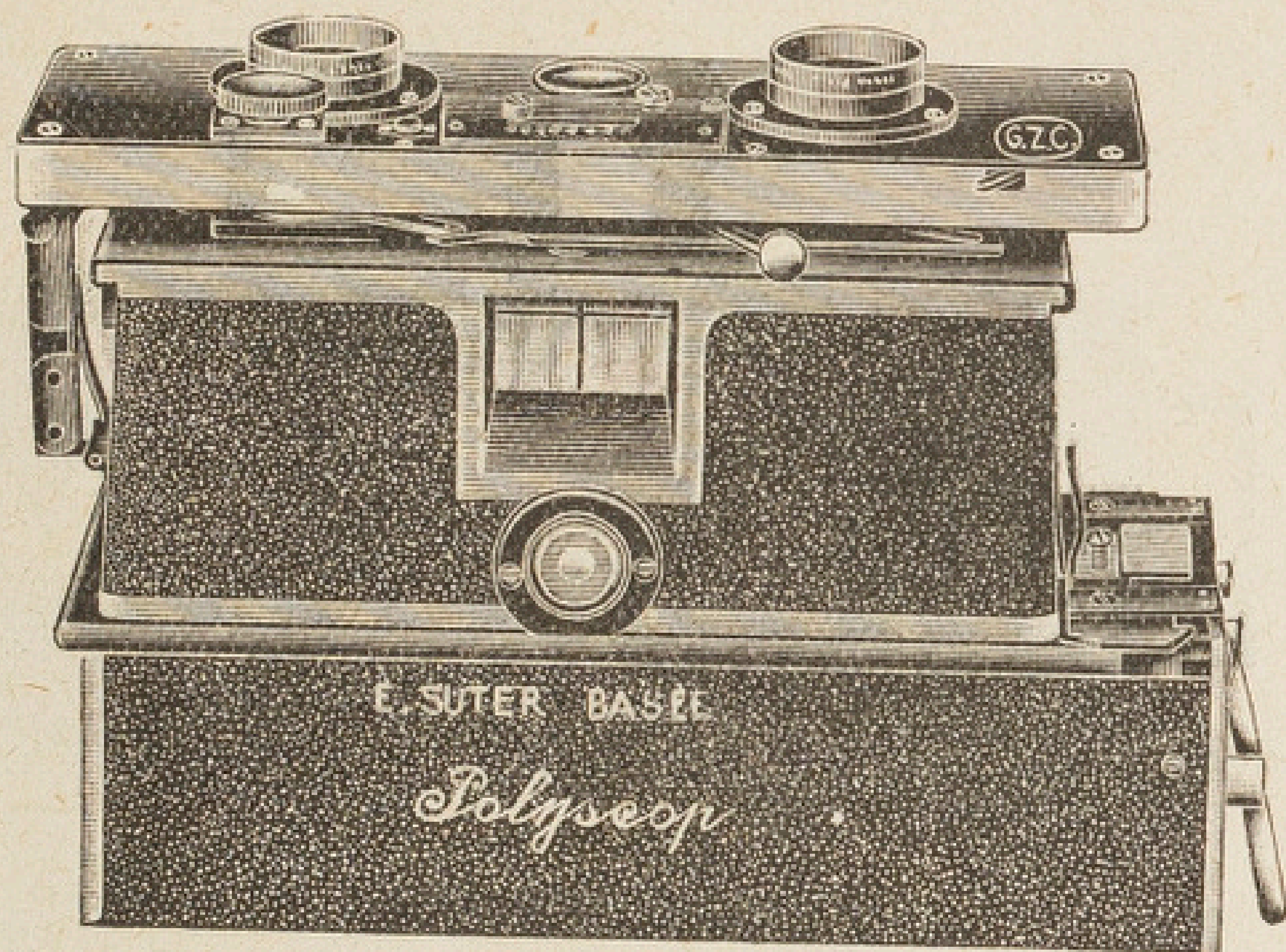


FIG. 42. — Polyscope.

le même genre, le *Polyscope* (fig. 42) de M. Suter, le *Stéréospido* (fig. 43) des Établissements Gaumont, le *Monobloc* (fig. 44) de MM. Jeanneret et C[ie], le *Summum* (fig. 45) de M. Leullier, etc. Le format des images est 45 × 107 ou 6 × 13.

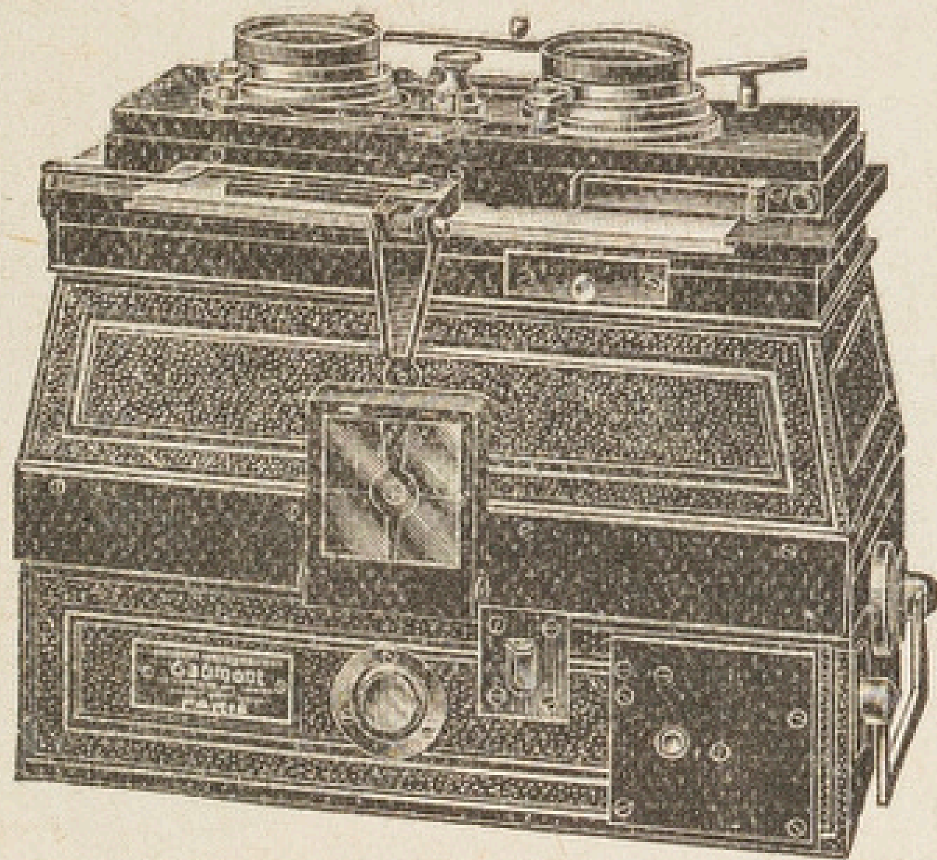


FIG. 43. — Stéréospido.

Bien que la plupart des appareils 45 × 107 soient à chambre rigide, il existe aussi, pour cette dimension, des modèles à soufflet pliant, qui offrent l'avantage de

se réduire à de si faibles volumes qu'il est facile de les porter dans la poche. Ainsi, la *Stéréolette* représentée par

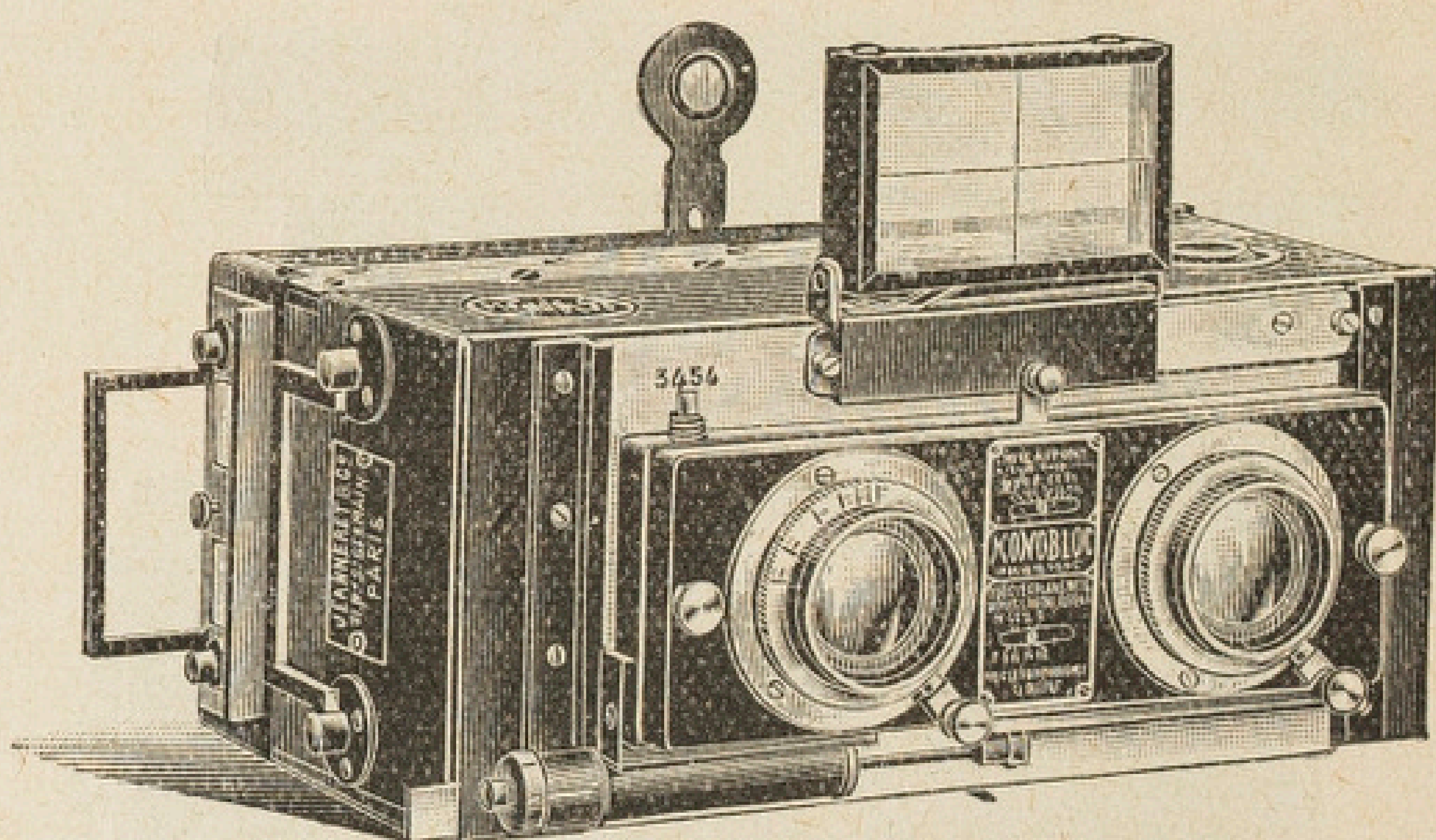


FIG. 44. — Monobloc.

la figure 46 mesure seulement 14,5 × 3,5 × 6,5 centimètres et ne pèse que 670 grammes. Cependant, cette disposition est surtout usitée par les formats 6×13 et au-dessus. On lui a reproché de n'avoir pas la même précision que les chambres rigides, et, de fait, le jeu nécessaire des pièces mobiles peut bien faire perdre un peu de netteté lorsqu'on emploie des objectifs

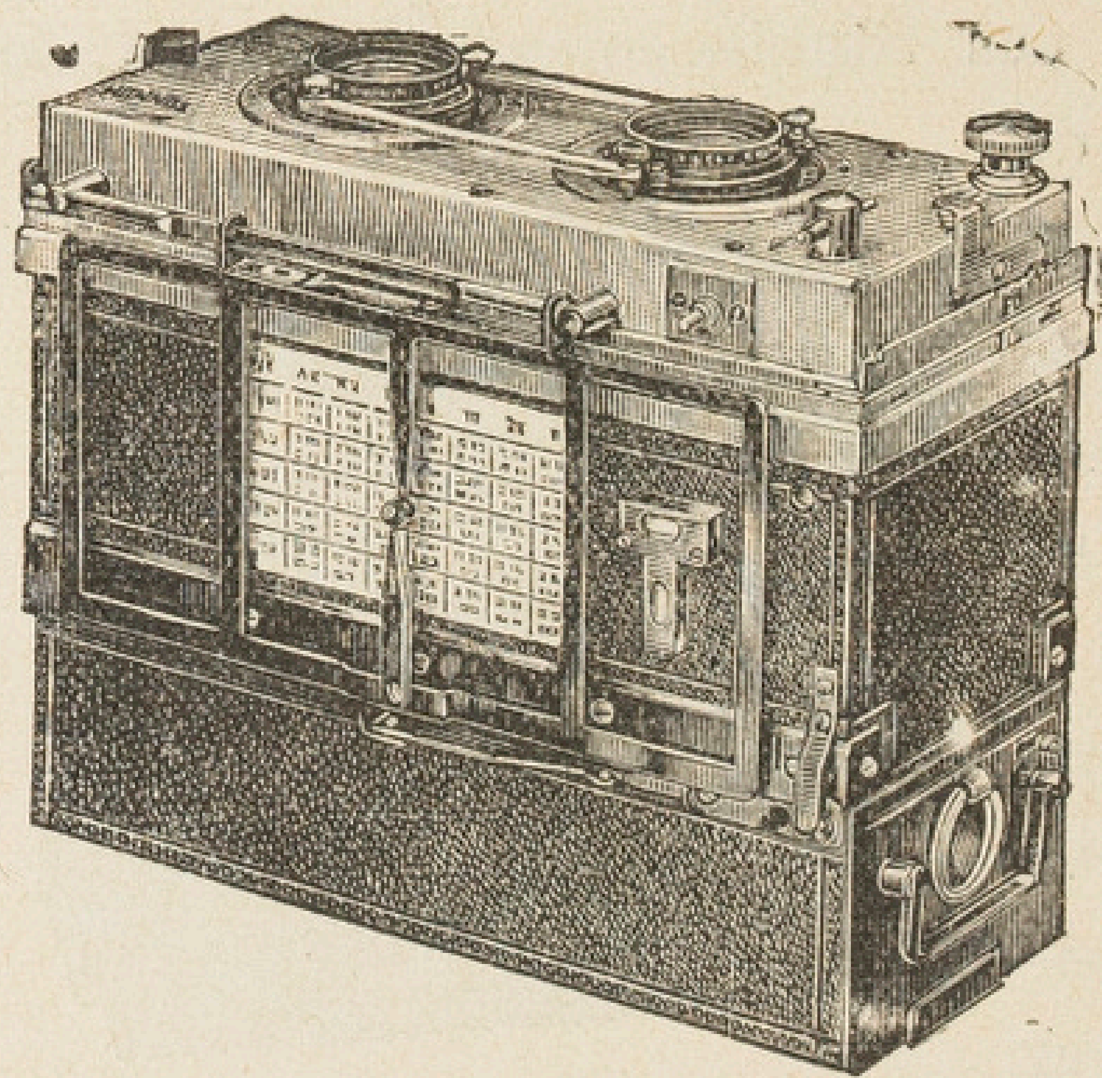


FIG. 45. — Summum.

à très grande ouverture ; mais, dans la plupart des cas, une chambre pliante construite avec tout le soin requis fournira d'excellentes images. Si le photographe professionnel a quelque raison de s'en tenir à l'appareil le plus robuste, l'amateur portera plutôt son choix sur

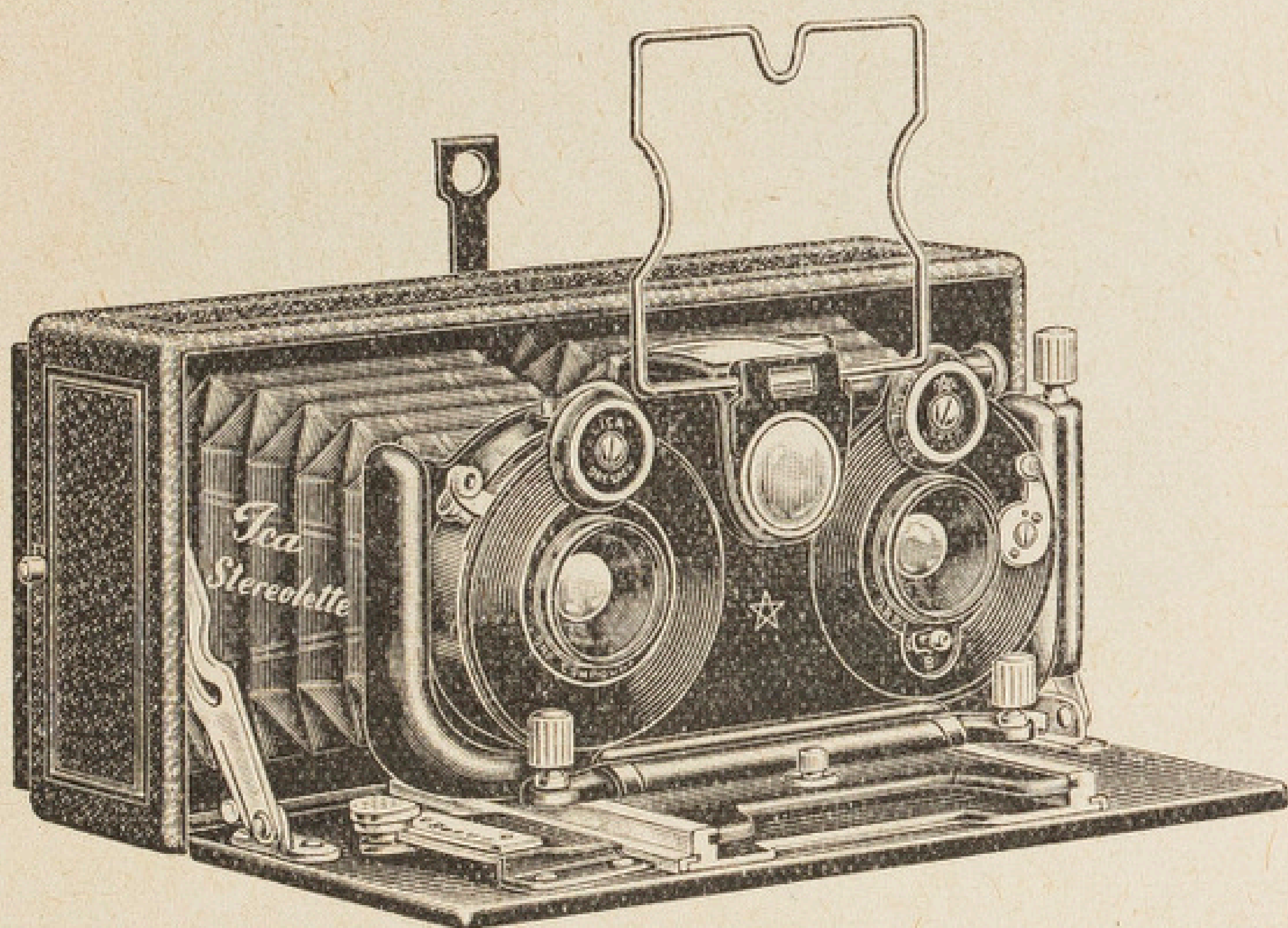


FIG. 46. — Stéréolette Huttig.

une *pochette*, comme le *Stéréo-Idéal* (fig. 47) dont les dimensions sont 16,5 × 3,8 × 9,5 centimètres, et le poids environ 900 grammes.

Dans certains modèles pliants, la base horizontale de la chambre et le chariot mobile de mise au point sont supprimés. Les objectifs sont alors tenus à la distance voulue de la plaque sensible par les tringles articulées,

et le soufflet est remplacé par une sorte de sac en cuir, comme le montre la figure 48, qui met sous les yeux du lecteur le *Stéréo-Klapp*, de Curt Bentzin.

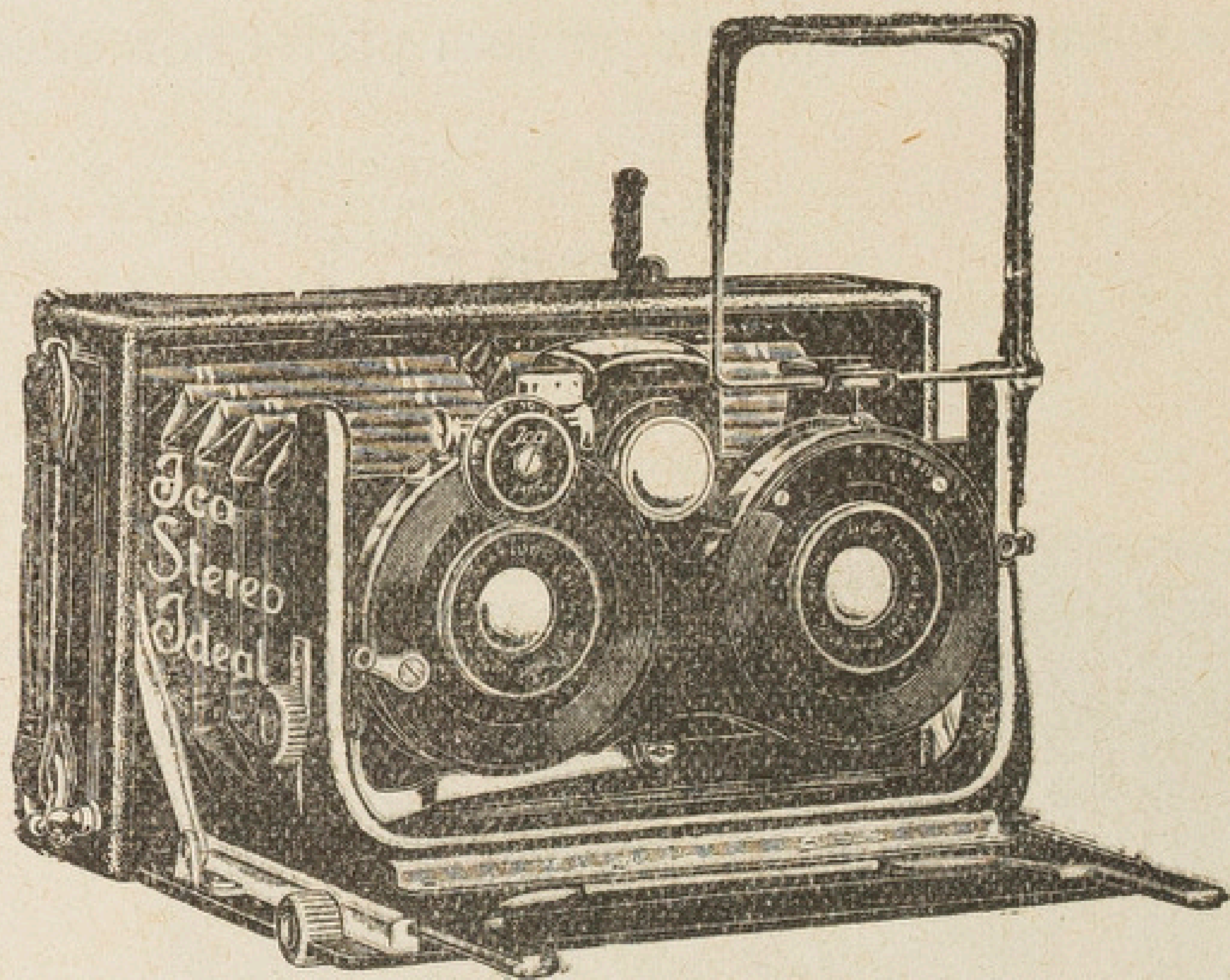


Fig. 47. — Stéréo-Idéal. (Modèle 6×13)

Tous les appareils qui viennent d'être nommés sont munis d'un viseur, et parfois de deux. Ces viseurs permettent de braquer les objectifs dans la direction voulue, de vérifier la mise en plaque du sujet et de le saisir juste au moment où il se trouve le mieux placé ; mais ils ne fournissent aucun indice sur la mise au point. On a vu plus haut qu'il n'en résulte aucun inconvénient, pour les petits formats, les objectifs à court foyer donnant des images nettes de tous les objets à partir d'une faible distance. Il n'en est pas de même quand les dimensions

de la plaque atteignent 7 × 13, et à plus forte raison quand elles dépassent ce format. Le réglage de la mise au point devient alors nécessaire, lorsqu'on veut reproduire

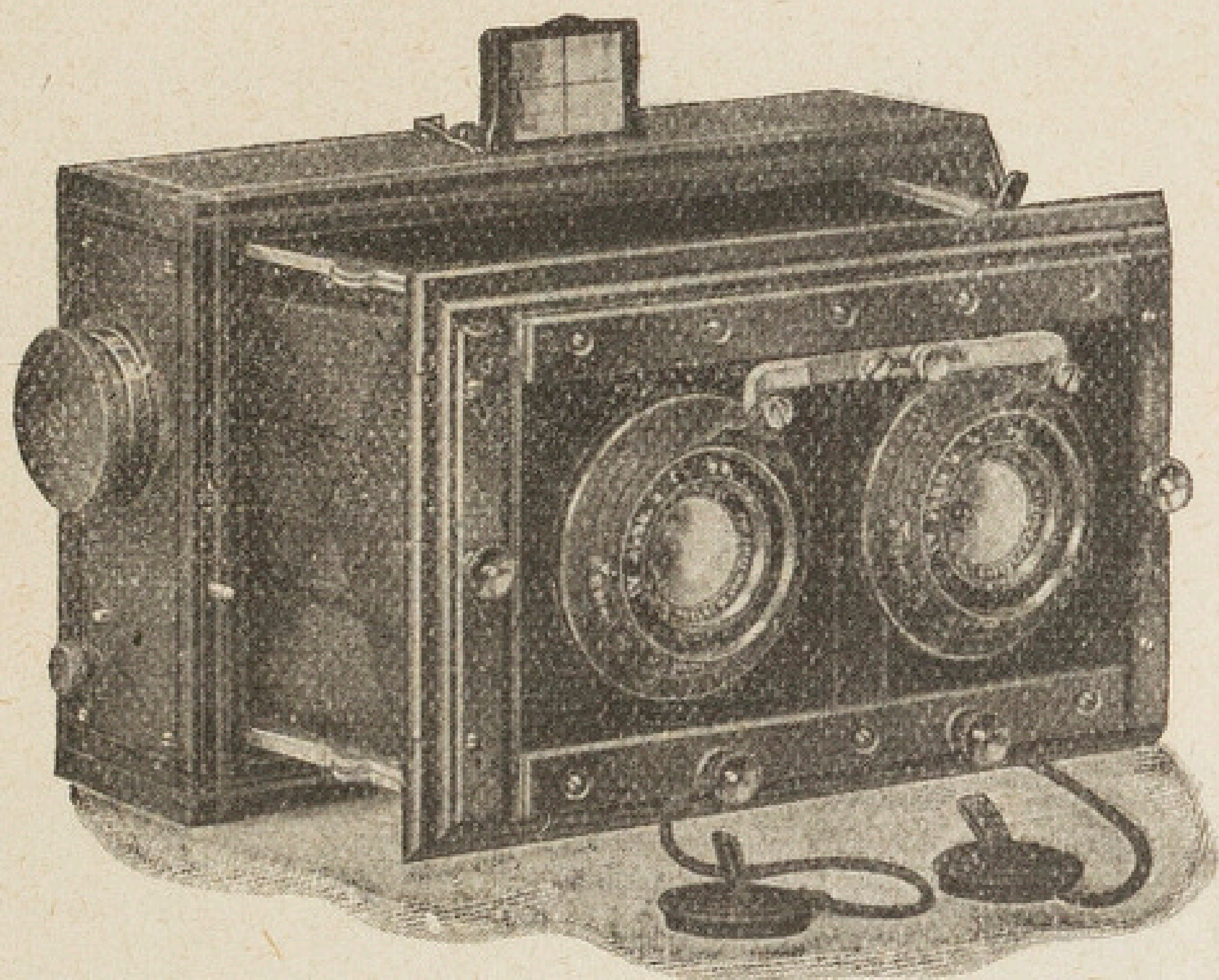


Fig. 48. — Stéréo-Klapp.

un objet rapproché, surtout lorsqu'on se sert d'objectifs très lumineux, une grande ouverture excluant la profondeur de foyer. Or, la mise au point, qui doit, en pareil cas, être très précise, ne saurait être réglée à l'avance pour la plupart des scènes animées, dont les sujets vont occuper des positions impossibles à prévoir. C'est pour satisfaire à ces conditions toutes particulières qu'ont été imaginées les chambres *reflex*, dont la figure 49 représente un excellent modèle, combiné pour la photographie stéréoscopique. Un miroir incliné de 45 degrés sur

les axes optiques envoie les images fournies par les objectifs sur un verre dépoli que l'opérateur a sous les yeux. Un cône souple élimine les rayons extérieurs et

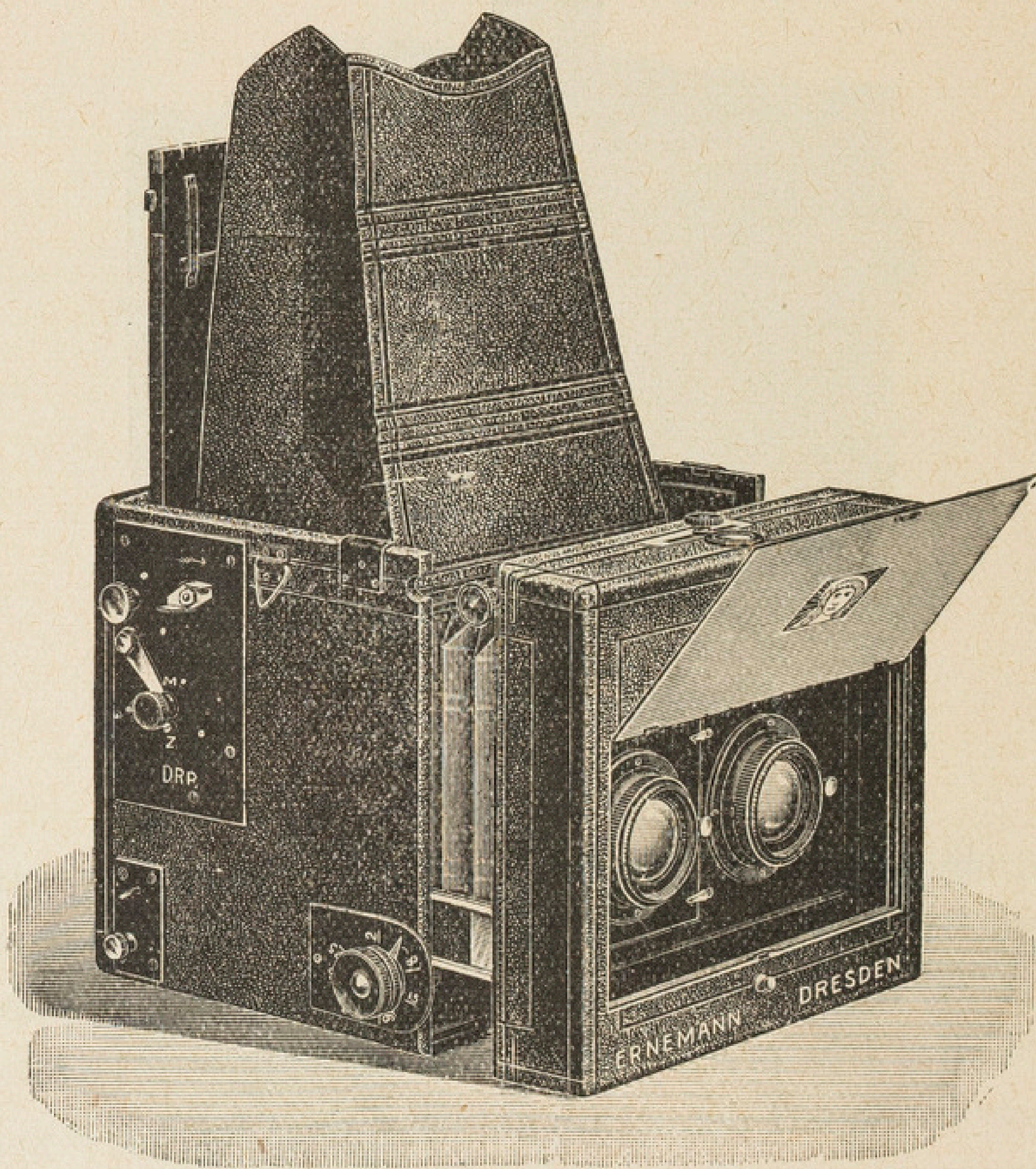


Fig. 49. — Appareil stéréophotographique *reflex*.

permet d'apercevoir nettement les images. Le châssis est déjà mis en place, du côté qui fait face aux objectifs,

et la plaque démasquée, avant la mise au point. Seulement, le rideau de l'obturateur ainsi que le miroir interposé empêche la lumière transmise par les objectifs de venir impressionner la surface sensible. On observe donc le sujet, sur le verre dépoli, jusqu'au moment de le photographier. Il suffit alors de presser la détente : le miroir remonte aussitôt contre le verre dépoli qu'il couvre complètement, en même temps que fonctionne l'obturateur disposé devant la plaque.

Tous les appareils photographiques de bonne construction sont munis d'un niveau à bulle d'air, parce qu'il est nécessaire de leur donner une position exactement horizontale au moment de la pose, sous peine de déformer l'image. Cette condition doit être observée en stéréophotographie, encore plus rigoureusement que dans la photographie monoculaire. Si l'appareil est tenu à la main ou suspendu au cou par une courroie (fig. 50), on n'aura qu'à jeter un coup d'œil sur le niveau, avant de presser la détente, pour s'assurer de la position de la chambre et la rectifier immédiatement, s'il y a lieu.

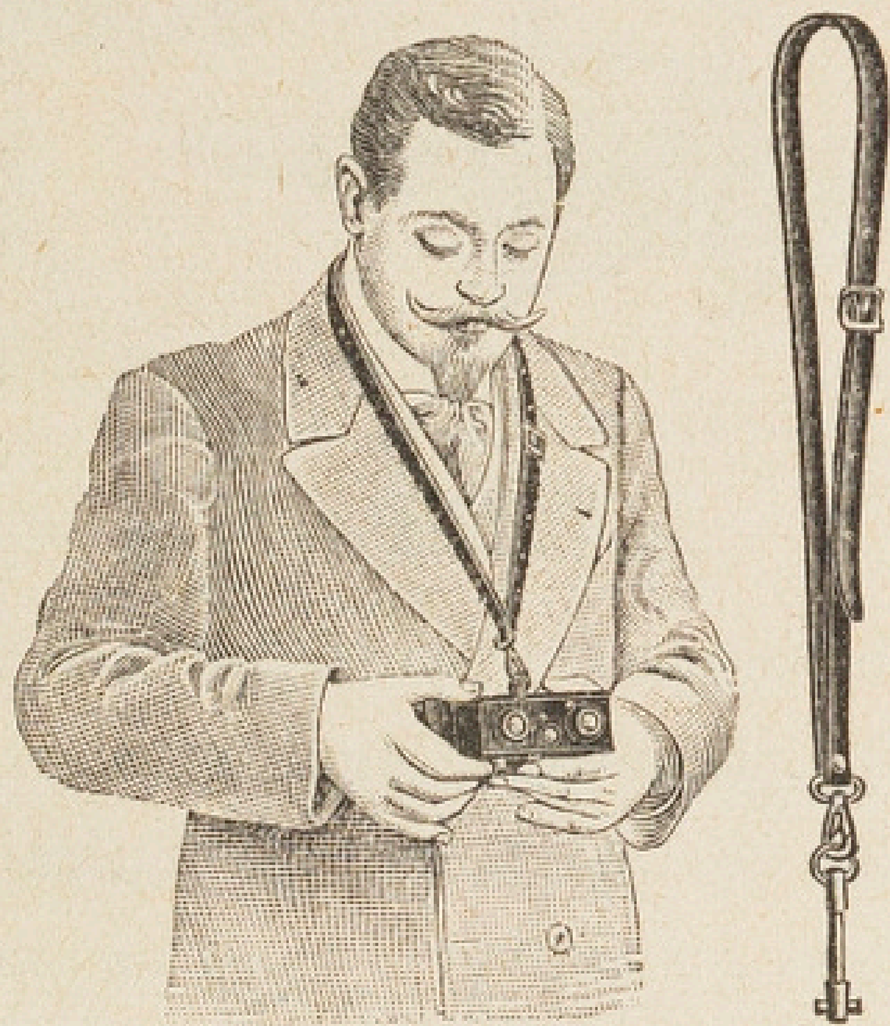


Fig. 50. — Prise d'une vue avec le Vérascope porté par le suspenseur.

Si l'appareil est monté sur pied, il sera encore plus facile de le maintenir horizontalement ; la position voulue sera d'ailleurs immédiatement réglée, si la chambre est reliée à son support par un raccord à cône et rotule (fig. 51).

Si le modèle se trouve trop haut ou trop bas ; si l'on s'aperçoit, sur le verre dépoli ou dans le viseur, qu'il y a trop ou pas assez de ciel, on évitera d'incliner l'appareil. Dans les procédés monoculaires, on rectifie la mise en plaque, en décentrant l'objectif, monté à cet effet sur une planchette mobile dans le sens vertical. Certaines chambres stéréo-photographiques sont également pourvues d'un porte-objectifs à décentrement vertical; cependant, il faut, autant que possible, éviter de s'en servir, parce qu'il en résulterait, dans le stéréoscope, une vision anormale d'où résulterait une déformation des objets. On ne pourrait éviter cette déformation que si les oculaires du stéréoscope étaient décentrés de la même quantité que les objectifs ; mais il ne serait pas pratique de monter ou descendre les oculaires en passant d'une vue à une autre, d'autant plus qu'on ne pourrait le faire qu'à la condition de connaître exactement le décentrement applicable à chaque stéréogramme. On ne devra donc décentrer que très exceptionnellement,

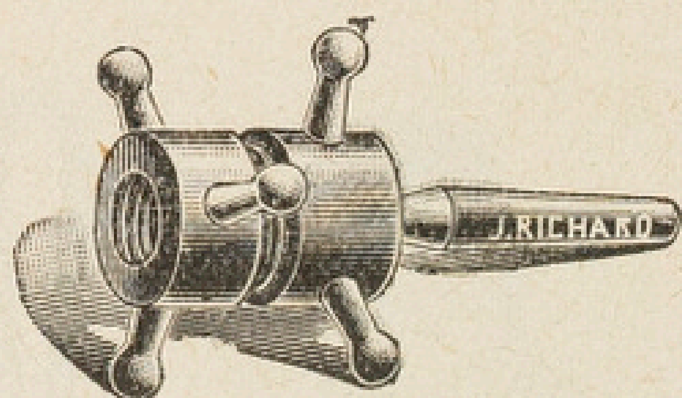


Fig. 51. — Tête à cône et rotule.

lorsqu'on y sera absolument forcé, et on ne le fera que dans la plus faible mesure possible.

Certaines chambres sont combinées de manière à obtenir soit des stéréogrammes soit des vues panoramiques. A cet effet, la cloison médiane est mobile, et l'un

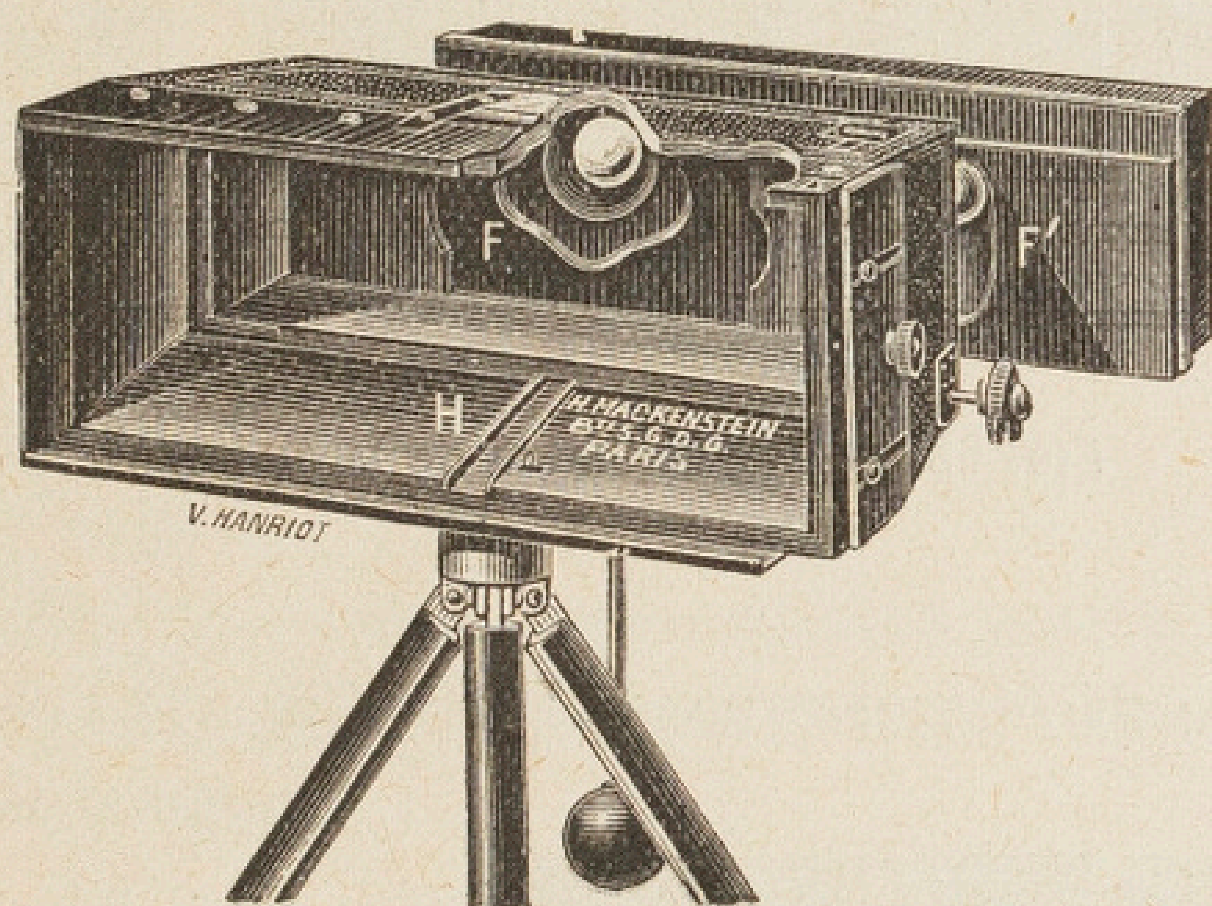


Fig. 52. — Jumelle stéréopanoramique Mackenstein.

des deux objectifs peut être amené au centre du panneau antérieur. La figure 52 représente l'intérieur de la *jumelle stéréopanoramique* Mackenstein. On voit, en H, la coulisse qui reçoit la cloison, et en F l'objectif gauche déplacé pour la photographie monoculaire. Cet appareil a d'ailleurs été perfectionné, et la transformation s'opère actuellement par une seule manœuvre : il suffit de déplacer latéralement la planchette porte-objectifs, pour que la closion se rabatte auto-

matiquement contre la paroi supérieure de la chambre (fig. 53).

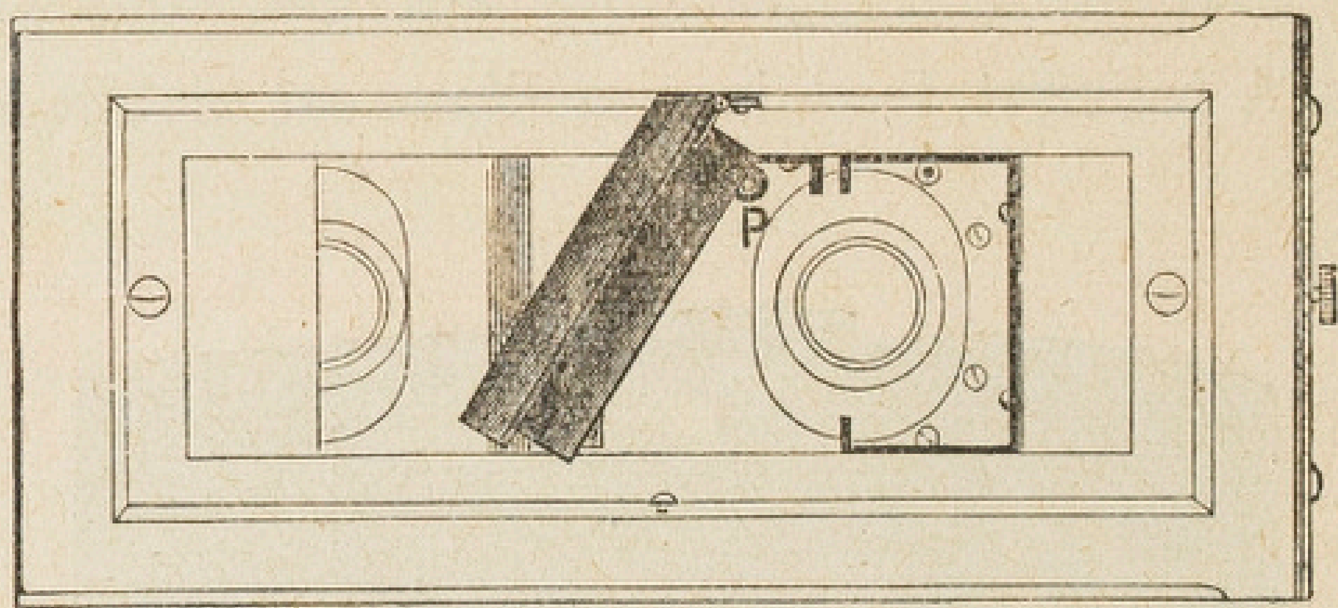


Fig. 53. — Déplacement de la cloison.

Dans le *stéréo-panoramique* Leroy (fig. 54), l'objectif de gauche est monté sur un disque tournant qui permet d'en amener le centre optique en regard du centre de la plaque. Dans son mouvement de rotation, le disque déplace une came qui soulève la cloison médiane.

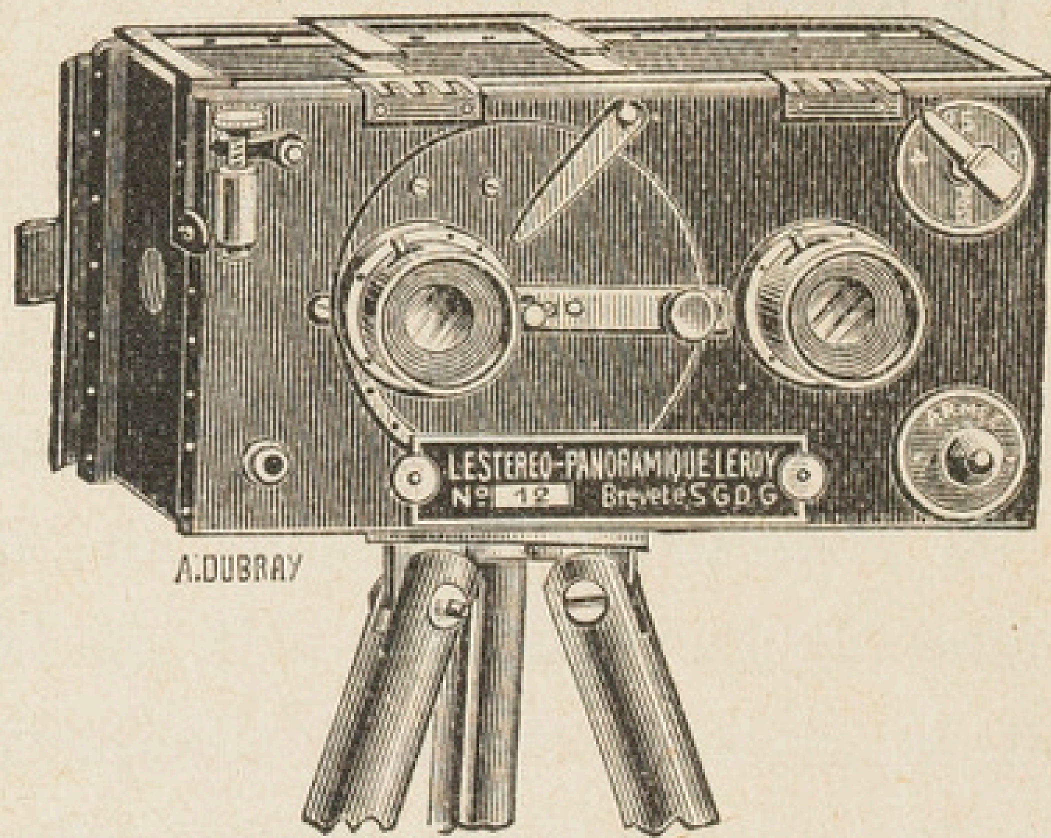


Fig. 54. — Stéréo-panoramique Leroy.

L'appareil *Héli-Clack*, de Rietzschel (fig. 55), porte rois objectifs. Les deux objectifs latéraux servent à

la photographie stéréoscopique. Pour la photographie monoculaire, la cloison plissée qui partage le soufflet en deux compartiments est amovible, et l'image est fournie soit par l'objectif central, soit par l'un des objectifs stéréoscopiques amené en face du centre, si l'on a besoin d'un foyer plus court.

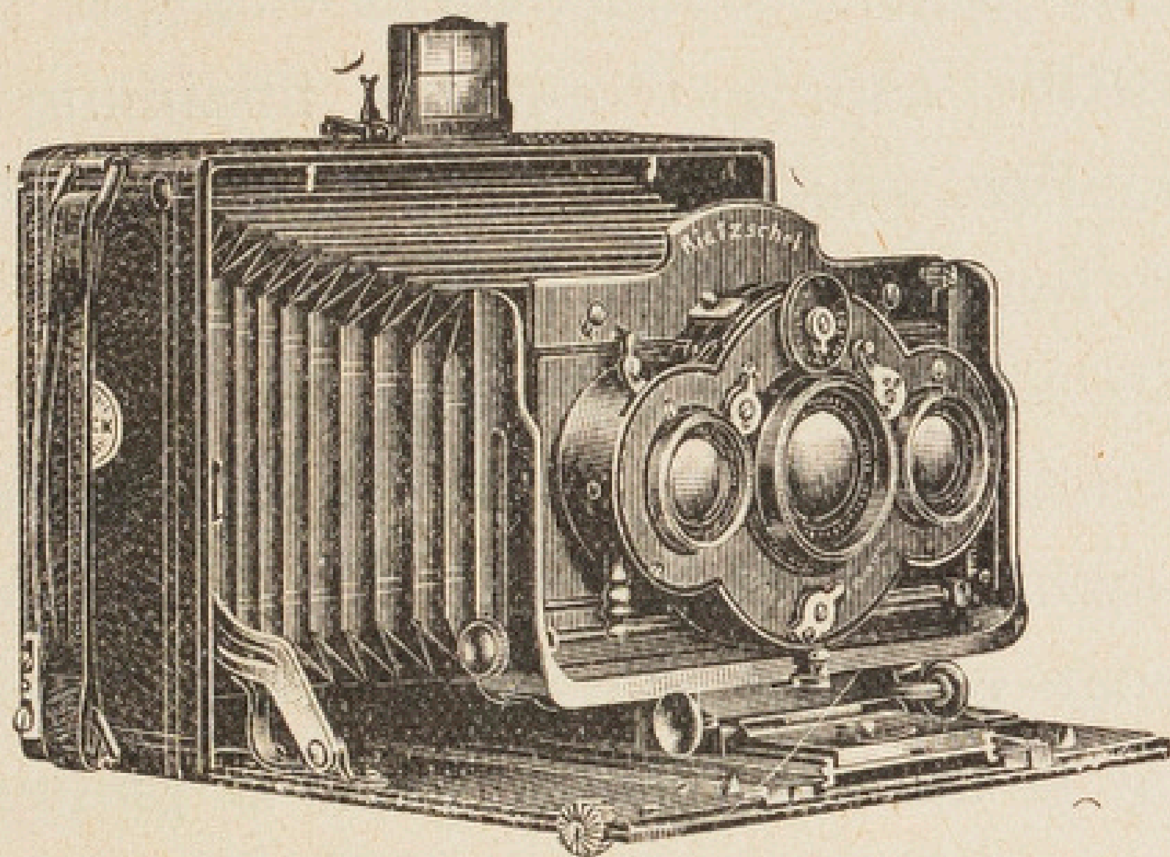


Fig. 55. — Héli-Clac

3. — Objectifs

Toutes les combinaisons optiques usitées en photographie monoculaire ont été appliquées à la stéréophotographie, et le choix de tel ou tel type d'objectifs ne dépend que des ressources du photographe ou du but qu'il se propose.

Les appareils à très bon marché sont munis d'objectifs simples, et les résultats qu'on en obtient ne laissent rien à désirer, si l'on se borne à photographier des paysages et autres sujets ne comportant point de lignes droites d'une certaine importance. Les monuments se-

raient mal reproduits par de tels instruments, qui ne sont jamais complètement exempts de distorsion. La lentille simple réduit au minimum l'absorption de lumière, ainsi que les réflexions sur les surfaces polies, et fournit ainsi des images extrêmement brillantes. En revanche, le champ de netteté n'est suffisamment étendu qu'à la condition de réduire l'ouverture par un diaphragme assez étroit (F : 20 environ), ce qui prolonge considérablement la pose. Néanmoins, ce n'est pas là un inconvénient dans la photographie des lointains et des marines, où la lumière fait rarement défaut, du moins au milieu de la journée, et permet d'exécuter même des vues instantanées à faible ouverture.

L'aplanat convient mieux aux sujets les plus variés, parce qu'il ne déforme pas les images, et c'est là un avantage appréciable notamment dans la reproduction des monuments. Composé de deux lentilles achromatiques symétriques, cet instrument est notablement plus coûteux que l'objectif simple ; il est cependant adopté par la majorité des amateurs, qui ne veulent ou ne peuvent pas acheter un couple d'anastigmats. Les images que donne l'aplanat sont nettes à une assez grande ouverture (F : 6 à F : 9, suivant les modèles), mais seulement au centre, et, pour étendre le champ de netteté, il est nécessaire de diaphragmer, ce qui exclut la possibilité de reproduire les sujets animés par faible lumière.

A cet égard, rien ne vaut l'anastigmat, qui fournit, à grande ouverture (F : 3,5 à F : 7), une image très nette

et très homogène jusqu'aux bords. Il est vrai que, dans ces conditions de luminosité, il n'y a ni profondeur de foyer ni profondeur de champ : la mise au point doit être réglée avec une extrême précision, et la netteté est limitée à un seul plan ; mais on a toujours la ressource d'augmenter la profondeur en diaphragmant, chaque fois que l'éclairement du sujet le permet. Le seul inconvénient de l'anastigmat, c'est son prix très élevé.

Ce qui vient d'être dit au sujet du défaut de profondeur s'applique à n'importe quel type d'objectif utilisé à grande ouverture. Ce défaut est d'ailleurs limité aux premiers plans, et, à partir d'une certaine distance, tous les plans peuvent être simultanément au point. Cette distance, désignée sous le nom de distance *hyperfocale*, varie avec le foyer de l'objectif et l'ouverture du diaphragme : elle est d'autant plus réduite que le foyer de l'objectif est plus court et le diaphragme plus petit. Et, comme les objectifs employés en stéréophotographie ont une distance focale généralement très faible, — 75 à 90 millimètres environ, — tous les objets sont nets à partir de 5 ou 6 mètres, et même moins, si l'on diaphragme suffisamment. Néanmoins, comme les premiers plans ont, en stéréoscopie, une importance toute particulière, puisqu'ils amorcent en quelque sorte la perspective et le relief, il est indispensable de leur assurer le maximum de définition, soit en réglant très exactement la mise au point, soit en diaphragmant.

Les diaphragmes des deux objectifs stéréophotogra-

phiques sont généralement rendus solidaires l'un de l'autre au moyen d'une bielle articulée, de telle sorte que les ouvertures des deux instruments accouplés soient toujours identiques, sans quoi les deux images ne pourraient pas avoir la même intensité.

Pour accoupler stéréoscopiquement deux objectifs, il ne suffirait pas de choisir au hasard deux instruments de même type indiqués comme ayant le même foyer. Les indications fournies à cet égard par les catalogues d'opticiens ne sont en effet qu'approximatives : les fabricants donnent une valeur moyenne, en dessus et en dessous de laquelle ils se réservent une tolérance de 3 pour 100 environ. Cette approximation devient insuffisante, lorsqu'il s'agit d'apairer deux objectifs : alors, il est indispensable, non seulement que les tirages (comptés de la rondelle au plan qu'occupera la surface sensible pour les objets très éloignés) soient égaux, mais aussi que les foyers comptés à partir du point nodal d'émergence soient identiques. Si cette double condition n'était pas remplie, l'apairage ne se maintiendrait pas pour toutes les distances. C'est pourquoi les objectifs apairés pour la stéréoscopie sont toujours vendus avec une certaine majoration de prix.

Lorsqu'on fait l'acquisition d'un couple d'objectifs, il est utile d'en vérifier les foyers et la luminosité. A cet effet, on mettra dans la chambre stéréophotographique une plaque sensible dont la moitié inférieure sera couverte d'une feuille de papier noir. On fera une première

pose, puis on intervertira les deux objectifs, et l'on cachera avec la même feuille la moitié supérieure de la surface sensible. On fera alors une seconde pose, exactement de même durée que la première. Après développement, on comparera les deux images. Si les deux objectifs n'ont pas même foyer, les quarts en diagonale correspondant à un même objectif ne seront pas nets, et cela par le seul fait de l'objectif, les autres causes de trouble étant écartées par les conditions dans lesquelles est effectuée l'expérience.

L'examen des images mettra également en évidence la différence de luminosité des objectifs. Si cette différence existe, les quarts en diagonale n'auront pas la même intensité ; tandis que s'il s'agit d'une différence d'éclairage imputable à l'appareil, ce seront les deux quarts superposés de droite ou de gauche qui seront plus ou moins intenses.

La constatation de ces différences ne suffit d'ailleurs pas pour incriminer les objectifs : il faudra vérifier les épaisseurs de la planchette, le parallélisme de la chambre, la rigidité des organes mobiles, etc.

Les photographes professionnels ont tout intérêt à posséder plusieurs paires d'objectifs stéréoscopiques de foyers différents, afin de prendre chaque sujet dans les conditions les plus favorables. En principe, la distance focale des objectifs devrait être égale au tirage du stéréoscope ; mais, en pratique, si l'on s'en tenait rigoureusement là, il faudrait s'interdire la reproduction des

objets trop éloignés ou trop rapprochés : les premiers seraient trop petits et par suite dépourvus d'intérêt, les seconds ne seraient pas entièrement visibles sur les épreuves. Un éditeur de vues stéréoscopiques doit donc nécessairement utiliser des combinaisons optiques à long foyer pour les sujets lointains et des instruments grands angulaires pour les sujets très rapprochés.

On ne saurait évidemment exiger de l'amateur qu'il fasse l'acquisition d'un matériel aussi coûteux, d'autant plus qu'il lui sera parfaitement possible de photographier la plupart des sujets intéressants à l'aide d'une seule paire d'objectifs. Du reste, les aplanats et un grand nombre d'anastigmats sont susceptibles d'être dédoublés et de fournir ainsi des images à peu près deux fois plus grandes qu'on ne les aurait obtenues sans le dédoublement. Certains appareils sont disposés de telle sorte que la mise au point s'effectue sans tâtonnement soit avec les objectifs complets soit avec les objectifs dédoublés. Ainsi, la jumelle Mackenstein est à parois rigides ; mais une pièce additionnelle à soufflet (fig. 56) permet de donner immédiatement

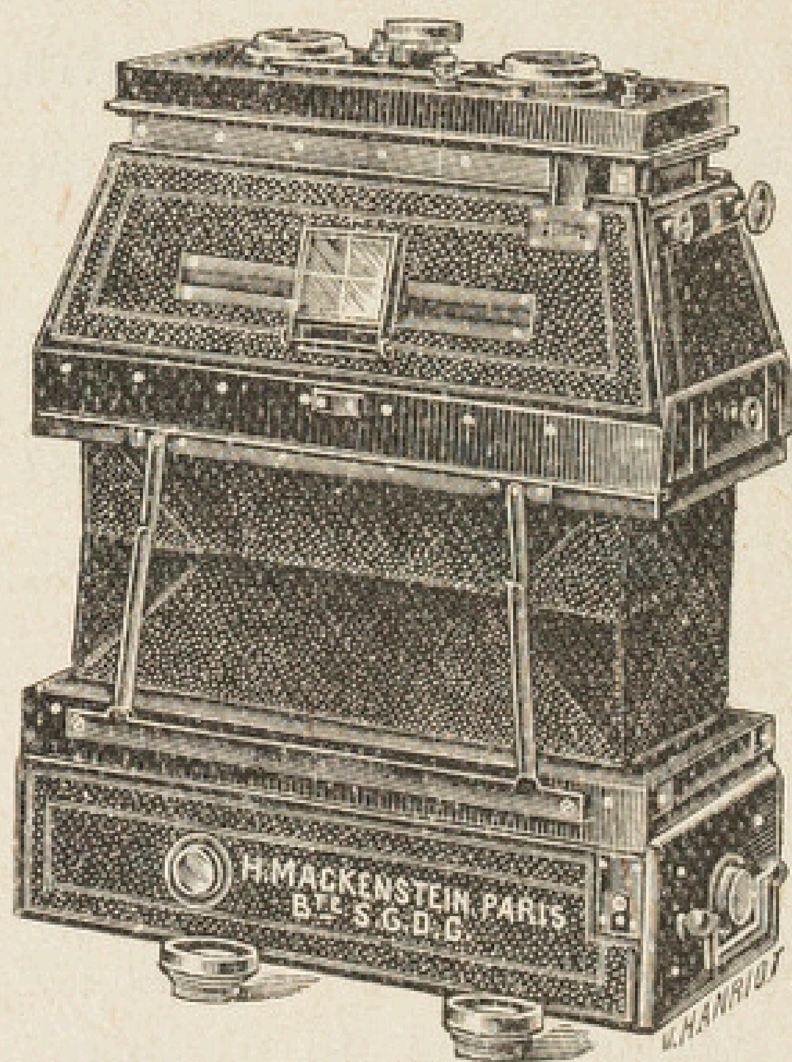


Fig. 56. — Objectifs dédoublés sur jumelles à extension.

à la chambre l'extension nécessaire au dédoublement.

Un jeu de bonnettes (fig. 57) est très utile, soit pour modifier la dimension des images, si la chambre est extensible, soit pour avoir la possibilité de reproduire avec la netteté suffisante, dans une chambre à forme

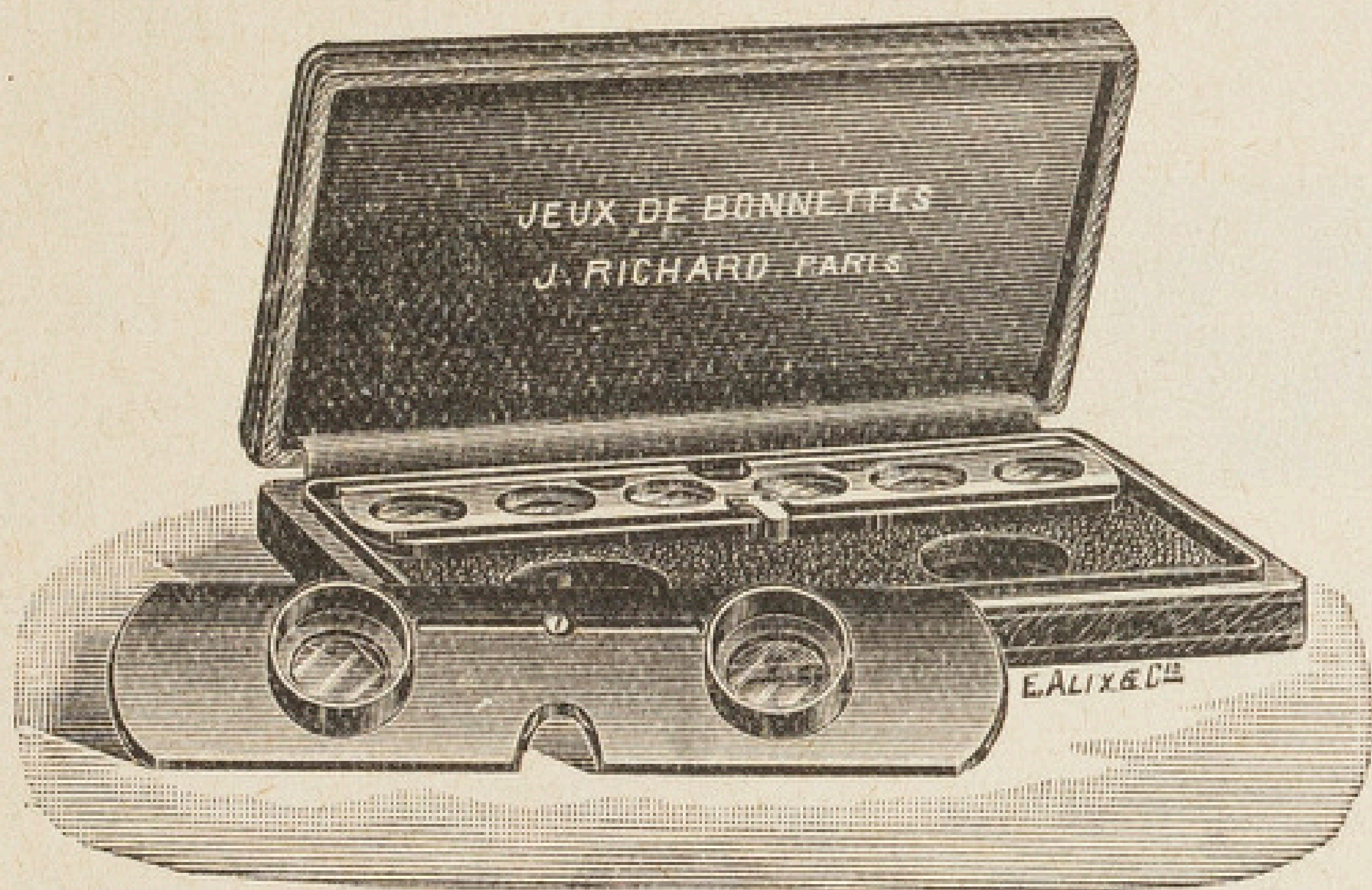


FIG. 57. — Jeux de bonnettes.

invariable, les objets très rapprochés. On arrive ainsi à exécuter des portraits même à 50 centimètres du modèle. Si l'on désire reproduire des sujets encore plus rapprochés, comme lorsqu'il s'agit de petits objets d'art ou d'insectes, alors il ne suffit pas de raccourcir le foyer, et il est nécessaire de recourir aux dispositifs spéciaux qui seront décrits dans le paragraphe 6.

L'écart entre les objectifs doit, autant que possible, rester égal à celui des yeux, soit environ 65 millimètres. Cependant, cette règle n'est pas sans exceptions. Nous

verrons, en décrivant le matériel nécessaire à la reproduction des objets très rapprochés, qu'il est nécessaire de rapprocher les objectifs, dans cette application de la stéréophotographie. Par contre, la reproduction des lointains exige fréquemment un écart plus grand. C'est pourquoi les objectifs stéréophotographiques seront utilement montés à écartement facultatif. La figure 58 représente le panneau antérieur de la jumelle Mackenstein. Les deux objectifs, fixés chacun sur une planchette indépendante, s'écartent ou se rapprochent symétriquement, sous l'action d'une tige à filetages contrariés. Les diaphragmes sont réunis par un levier à deux articulations.

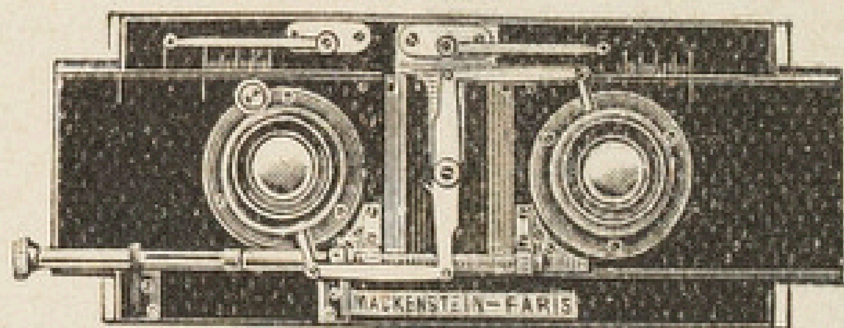


Fig. 58. — Écartement variable des objectifs.

Certains théoriciens se refusent à admettre un écartement des objectifs supérieur à 7 centimètres, prétextant qu'au delà de l'écartement maximum de nos yeux, on ne saurait avoir qu'un relief inexact, une perspective faussée. Il est vrai que si l'on tient à reproduire un relief *identique* à celui que nous percevons, on doit s'en tenir là. Seulement, avec un écartement aussi réduit, le stéréoscope devient inutile pour les sujets éloignés, sans premiers plans : « *Stéréographier* de tels paysages, a dit M. A. Le Mée, est aussi ridicule que de *cinématographier* des objets immobiles. »

A partir de 50 mètres environ, nos yeux, distants de 6 à 7 centimètres, ne perçoivent plus aucun relief, et, s'il n'est pas possible de s'approcher davantage d'un sujet destiné à la reproduction binoculaire, on est logiquement amené à forcer un peu la distance entre les objectifs. En opérant ainsi, on aura, sans doute, un relief un peu différent de la réalité, mais non dépourvu d'intérêt. L'hyperstéréoscopie ne deviendrait choquante que si l'on dépassait certaines limites. M. Abel Buguet estime que l'écartement doit être à peu près égal au centième de la distance qui sépare l'appareil du plan le plus rapproché.

Il est même possible d'obtenir un relief exact avec un plus grand écartement, si l'on utilise une combinaison optique à long foyer. On a ainsi le double avantage d'augmenter les dimensions des objets éloignés et de leur donner un relief qui leur ferait complètement défaut, s'ils étaient reproduits avec un appareil stéréophotographique ordinaire. En regardant les images obtenues de la sorte dans un stéréoscope dont les oculaires ont un foyer beaucoup plus court, c'est comme si nous nous étions rapprochés du sujet ou que nous l'observions avec une jumelle à prismes, dont les objectifs sont séparés par un intervalle supérieur à celui qui existe entre les oculaires. Le relief du stéréogramme sera exact, il n'aura rien d'exagéré, si l'amplification de l'écart n'est pas supérieur au rapport existant entre la profondeur du stéréoscope et la distance focale des objectifs.

On conçoit aisément que l'emploi d'une paire d'objectifs à très longs foyers exigerait le transport d'un appareil volumineux et pesant. Aussi a-t-il fallu appliquer à la photographie des lointains les dispositions spéciales que nous allons brièvement signaler.

Le *Stéréotéléphot* réalise parfaitement les deux conditions exigées pour la photographie binoculaire des lointains : grande longueur focale avec un appareil relativement court, et large écartement des deux axes optiques. Avant de décrire cet appareil, il convient de rappeler le principe sur lequel est basé le *Téléphot*. Une chambre photographique ordinaire munie d'une lentille de plus de 1 mètre de foyer donnerait de grandes images des objets éloignés ; seulement, la longueur du tirage, le volume et le poids de l'instrument et de son support le rendraient pratiquement inutilisable. MM. Vautier-Dufour et Schaer ont évité ces inconvénients, en brisant la distance focale en trois parties, au moyen de deux miroirs B et C (fig. 59). La longueur du chemin parcouru par les rayons lumineux à partir de l'objectif A jusqu'à la plaque D est de $1^{m}20$; néanmoins, la longueur de l'appareil est seulement de 40 centimètres.

C'est sur le même principe que M. Vincent a basé la construction du *Stéréotéléphot*, représenté en coupe par la figure 60. Les rayons issus des objectifs O O sont réfléchis par les miroirs M N, avant d'arriver à la surface sensible P. On voit que l'image fournie par l'objectif de droite est projetée sur la moitié gauche de la plaque,

et l'image de l'objectif de gauche sur la moitié droite.

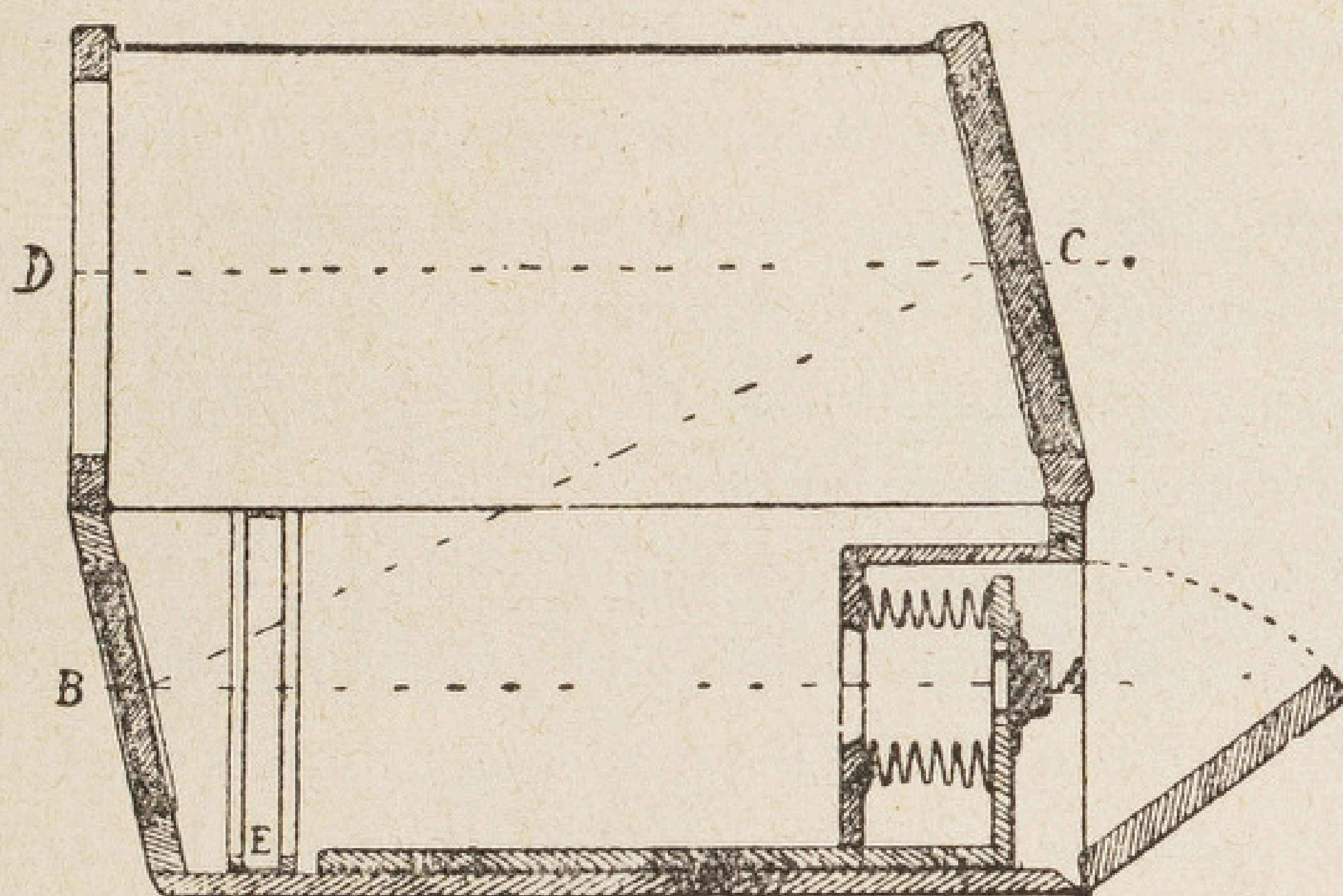


FIG. 59. — Principe du Téléphot.

Ce croisement évite, au tirage des positifs, la transposition dont il sera question au chapitre suivant.

L'écartement des axes des objectifs (29 centimètres)

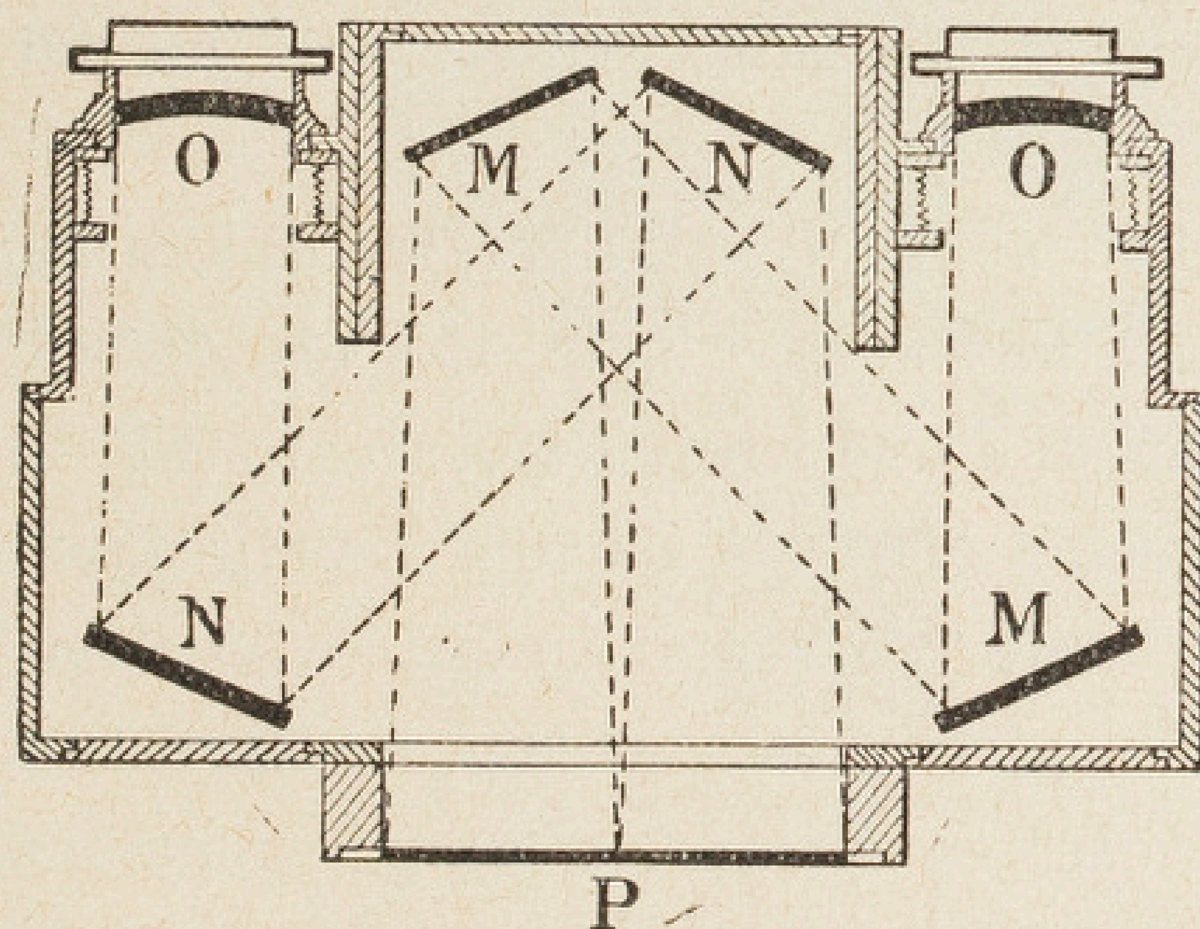


FIG. 60. — Marche des rayons dans le Stéréotéléphot.

combiné avec leur longue distance focale (70 centimètres)

donne un relief excellent. On peut, du reste, en plaçant devant le verre dépoli un stéréoscope de poche, examiner le relief produit et se rendre compte si l'image vaut la peine d'être photographiée.

La mise au point des deux objectifs est indépendante. Lorsque, malgré des plans très différents, on est obligé d'utiliser une grande ouverture, on peut mettre au point un des deux objectifs sur le premier plan, et l'autre sur un plan plus éloigné. Dans l'une de ces images, la netteté la plus parfaite sera sur le premier plan, tandis que l'autre image aura le maximum de définition sur les arrière-plans. Examinée au stéréoscope, l'image paraîtra nette sur tous les plans, et, d'après M. Vincent, le résultat sera de beaucoup supérieur à celui que l'on aurait obtenu en mettant au point les deux objectifs sur un plan moyen. Nous pensons cependant que cet expédient ne satisferait guère que les observateurs dont un œil est presbyte et l'autre myope.

Un autre moyen d'amplifier les objets éloignés est d'adapter à la chambre noire des *téléobjectifs* qui, par l'interposition d'une lentille divergente (fig. 61) grossissent les images quatre à six fois. Le téléobjectif n'exige pas une chambre à grand tirage, et les appareils ordinaires suffisent le plus souvent ; seulement, si l'écartement des centres optiques n'est pas augmenté en proportion du grossissement, le relief sera insuffisant. En outre, une paire de téléobjectifs coûte assez cher.

M. J. Richard a trouvé une combinaison particu-

lièrement avantageuse, en associant son Vérascope avec les jumelles à prismes que possèdent la plupart des

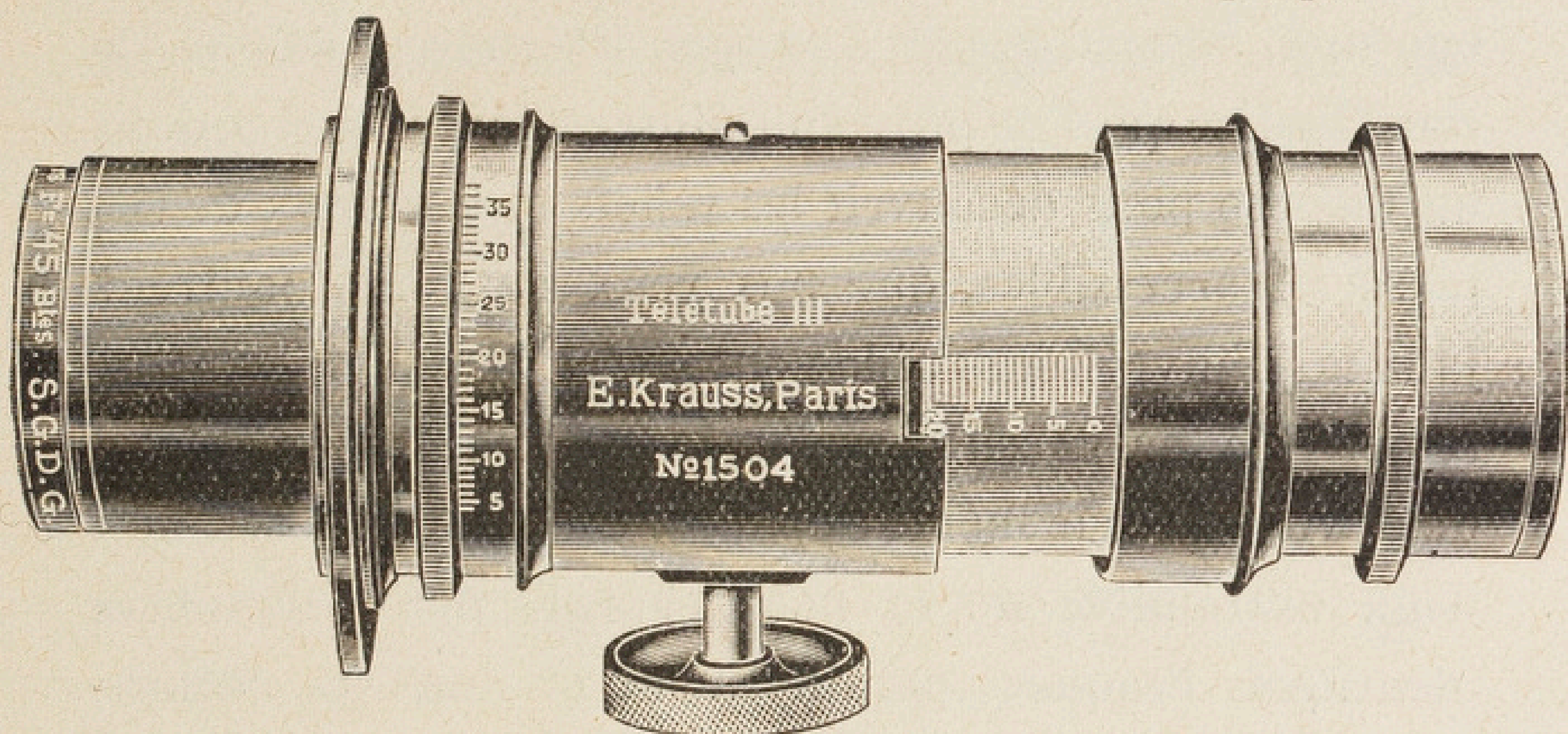


Fig. 61. — Téléobjectif.

excursionnistes. La luminosité de ces instruments, l'écartement de leurs objectifs, supérieur à celui des yeux, tandis que les oculaires se placent exactement en face du couple optique du Vérascope, l'amplification de 5 à 8 diamètres ainsi réalisée, donnent des images brillantes et un beau relief. Les deux instruments sont exactement et solidement assemblés sur un support spécial (fig. 62).

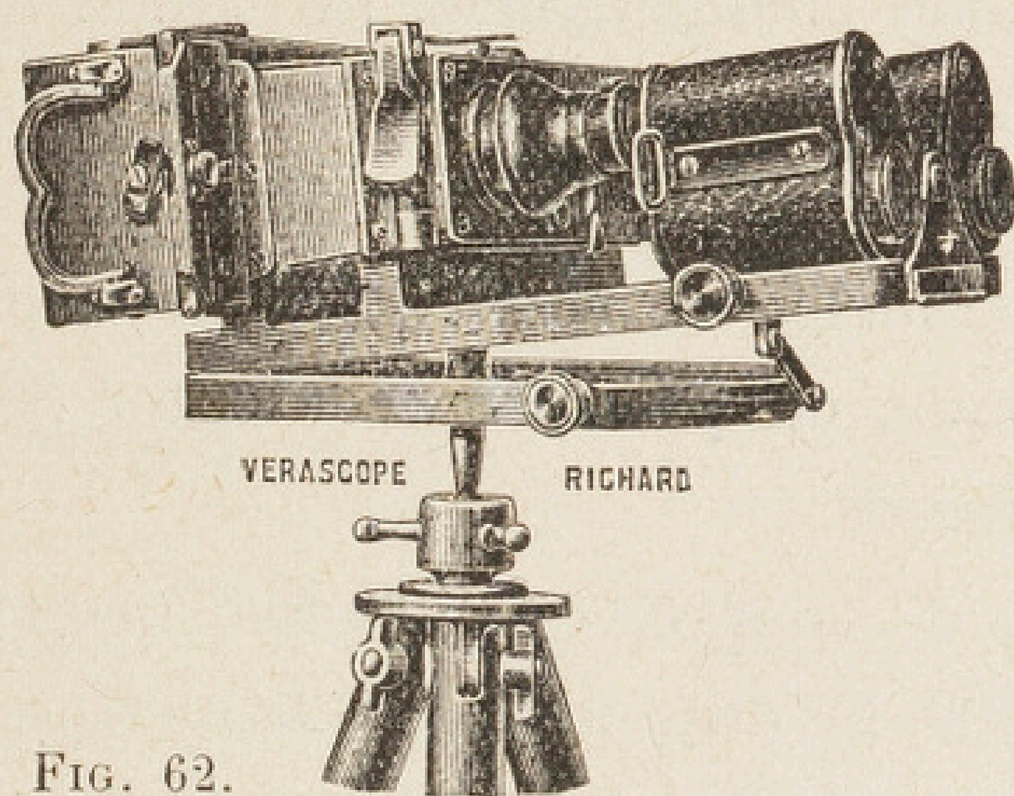


Fig. 62.
Vérascope téléphotographique.

La stéréoscopie d'objets très éloignés tels que glaciers, pics impraticables, etc., exige parfois des écarts énormes, 50 mètres par exemple, 100 mètres même. Le relief factice que l'on provoque ainsi est le seul moyen dont on dispose pour découvrir les reliefs et les creux de ces masses inaccessibles, que nos yeux ne nous montrent jamais qu'invraisemblablement plates. Il est évidemment impossible, en pareil cas, d'exécuter simultanément les deux vues avec le même appareil. On peut disposer, aux deux extrémités de la base choisie, deux chambres identiques braquées parallèlement et dont les obturateurs sont reliés par un déclanchement électrique. Mais, le plus souvent, il suffira de placer successivement le même appareil dans les deux positions, car, à de semblables distances, les sujets animés sont peu importants, sinon complètement invisibles. Il faut, bien entendu, que les deux positions de l'objectif soient au même niveau et que les deux directions de l'axe optique soient parallèles ou convergent de quelques degrés. En pratique, on pourra se contenter de viser le même point éloigné.

M. E. Wenz a fait connaître un procédé très ingénieux pour prendre d'un bâtiment en marche des vues de littoral éloigné. On profite d'un moment où la route du navire est rectiligne, et l'on braque l'appareil stéréophotographique par le travers, à peu près normalement à la route (fig. 63). On fait la première pose en découvrant celui des deux objectifs situé vers l'avant du

navire, et, quelques instants après, on découvre le second objectif. En procédant ainsi, il n'est pas nécessaire de transposer les images, l'image prise avec l'ob-

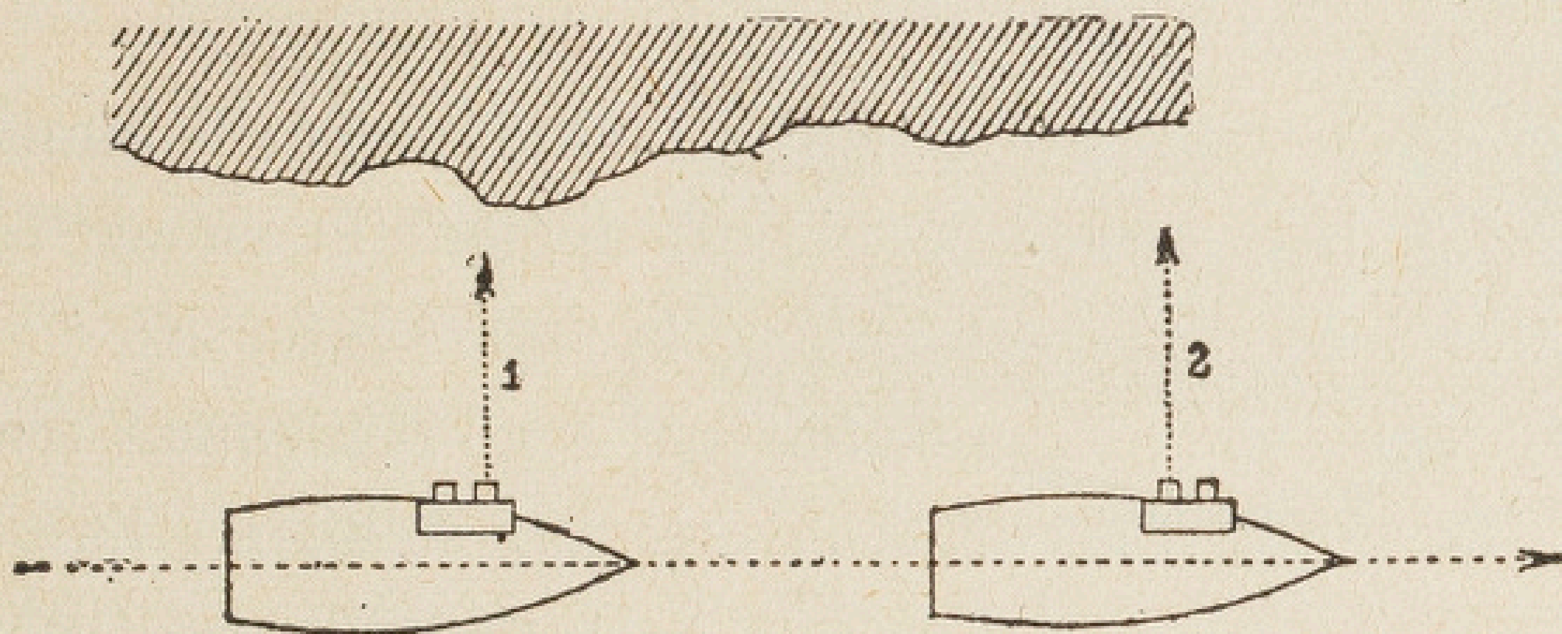


Fig. 63. — Hyperstéréoscopie sur un navire en marche.

jectif de droite étant placée à la gauche de la base stéréoscopique, et vice versa.

La même méthode a été appliquée, comme nous le verrons plus loin, à la photographie stéréoscopique aérienne.

4. — Obturateurs

Tous les modes d'obturation usités en photographie ordinaire sont également applicables, en principe, à la stéréophotographie. Cependant, les obturateurs accouplés doivent satisfaire à certaines conditions particulières.

Il faut que le déclanchement, à main ou pneumatique, les fasse fonctionner tous les deux en même temps, sans

quoi les sujets animés de mouvements rapides auraient le temps de se déplacer entre les deux expositions ou de présenter des attitudes différentes, et, si faible qu'en soit l'écart, leurs images, ne pourraient plus se superposer complètement.

Il faut, ensuite, que la durée d'admission de la lumière dans les deux objectifs soit exactement la même, afin que les deux phototypes aient la même intensité.

Ces deux premières conditions sont facilement réalisées, en rendant les deux obturateurs solidaires l'un de l'autre. S'il s'agit d'obturateurs à guillotine ou d'obturateurs à rideaux (fig. 64), les deux lucarnes sont percées dans la même lamelle ou dans la même bande souple. Si l'obturation s'effectue à l'aide de disques tournants ou de secteurs à mouvement alternatif, les deux mécanismes sont réunis par une bielle assurant la simultanéité de leur fonctionnement (fig. 44).

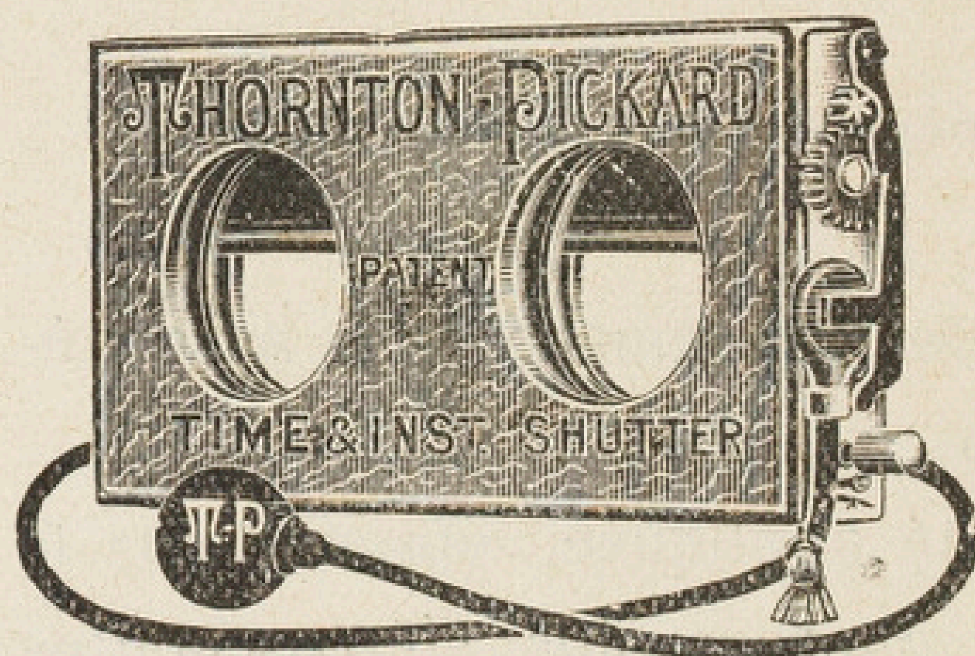


Fig. 64. — Obturateur à rideau.

Il faut, enfin, que les obturateurs restent solidaires, malgré l'écartement variable des objectifs. C'est pourquoi la guillotine se déplaçant de gauche à droite n'est appliquée qu'aux objectifs à écartement invariable. La guillotine à mouvement vertical, ainsi que l'obturateur à rideau, se prêtent au contraire très bien à l'écartement

variable (fig. 65), puisqu'il suffit de donner à la lucarne une largeur suffisante.

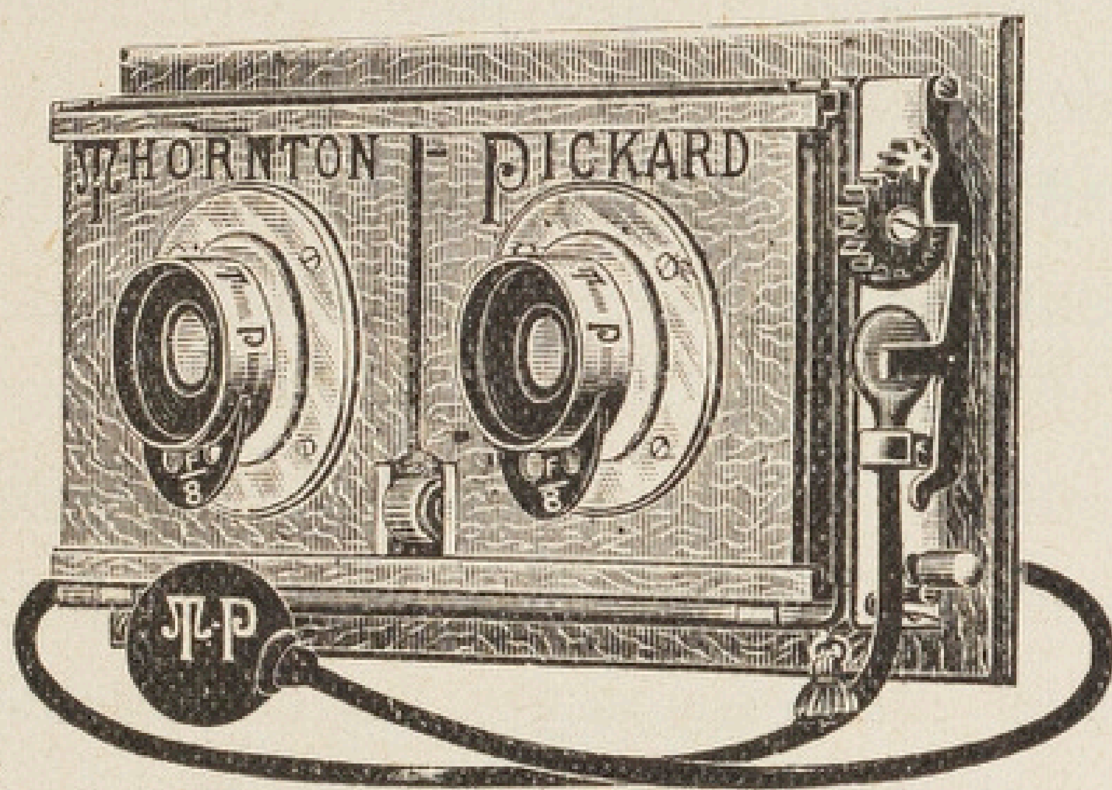


Fig. 65. — Obturateur à rideau avec écartement variable.

Au lieu de munir chaque objectif d'un obturateur, on trouvera souvent plus avantageux d'employer l'obturateur de plaque (fig. 66), dont l'organe mobile est un rideau percé d'une fente horizontale qui se déplace verticalement entre la surface sensible et la cloison médiane de la chambre stéréophotographique. On n'a ainsi qu'un seul mécanisme commun aux deux images, qui reçoivent nécessairement la même quantité de lumière, et rien n'empêche de déplacer les objectifs à volonté. L'obturateur de plaque a, de plus, l'avantage d'admettre le maximum de lumière avec le minimum de pose et de faciliter ainsi la reproduction des sujets animés peu éclairés ou à déplacement très rapide.

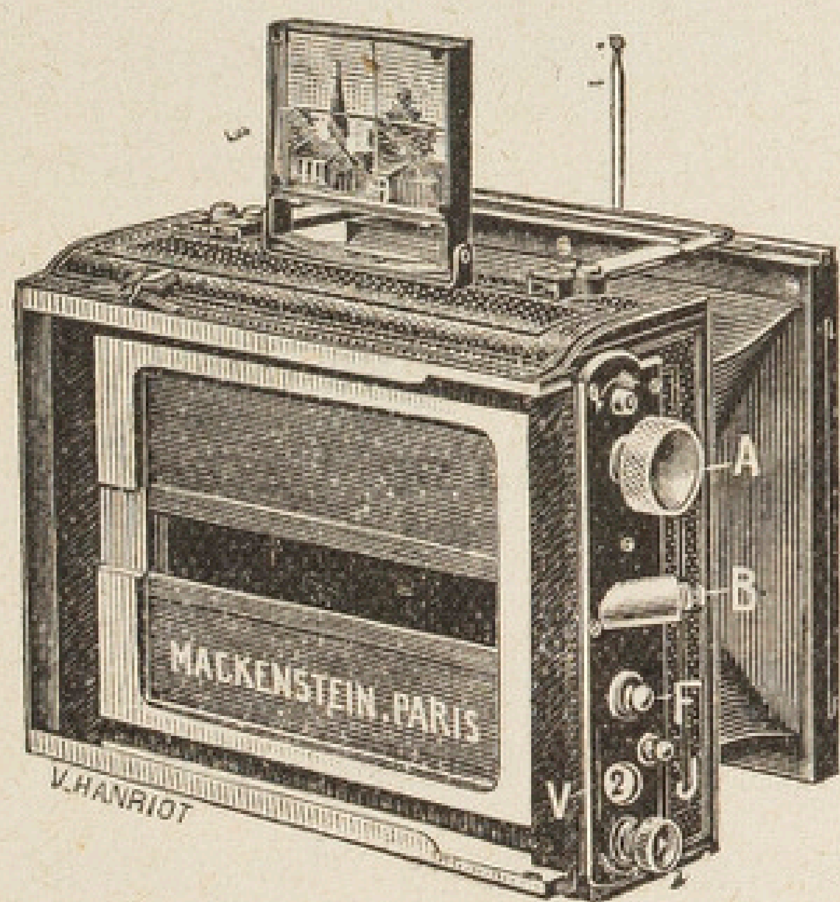


Fig. 66. — Jumelle stéréophotographique à obturateur de plaque.

Le déclanchement de l'obturateur, quel qu'il soit, s'opère soit en appuyant sur un bouton ou sur un levier (déclanchement à main), soit en pressant une poire de caoutchouc (déclanchement pneumatique), soit en poussant une tige flexible (déclanchement Bowden).

L'opérateur désire parfois figurer dans le champ du tableau, soit pour compléter un groupe, soit pour suppléer à l'absence des premiers plans indispensables au relief stéréoscopique. Le déclanchement pneumatique ou électrique à distance complique le matériel, et il n'est pas toujours facile de dissimuler complètement le tuyau de caoutchouc ou les fils conducteurs. Il vaut mieux recourir à un système de déclanchement chronométrique, tel que le *Cunctator*. Cet accessoire (fig. 67) dont le nom signifie *temporiser, différer, retarder*, a pour effet de ne laisser fonctionner l'obturateur qu'une demi-minute après qu'on l'a mis en marche. En différant ainsi le moment de l'ouverture de l'objectif, il laisse à l'opérateur un temps largement suffisant pour aller se placer à l'endroit qu'il juge convenable dans le groupe ou dans le paysage.

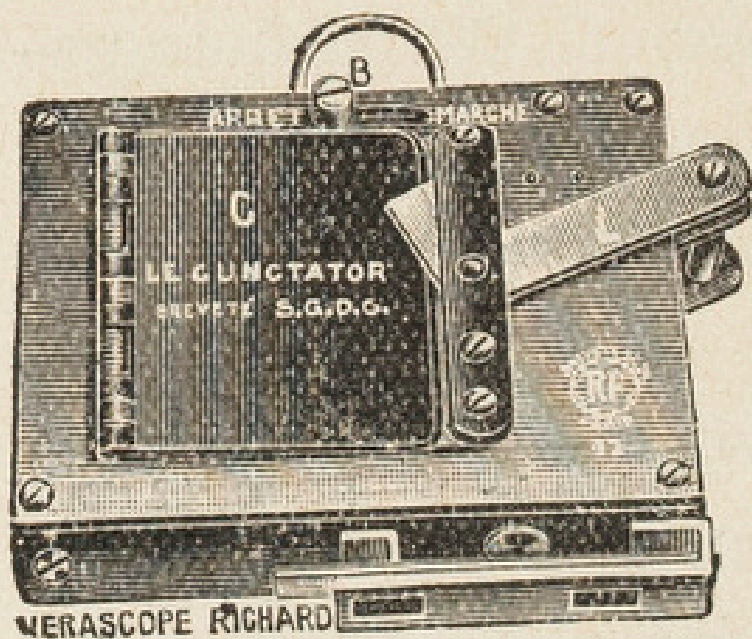


Fig. 67. — Cunctator.

Pour mettre en marche le mouvement d'horlogerie qui détermine le déclanchement au bout de 30 secondes, il suffit de déplacer le bouton B de gauche à droite. Envi-

ron 3 secondes avant le déclanchement, un petit volet C, peint en rouge, s'ouvre pour avertir que la pose va avoir lieu. Après la pose, ce volet rouge est automatiquement remplacé par un volet blanc, qui avertit le photographe que l'opération est terminée.

Le Cunctator se monte directement sur le Vérascope, comme le montrent les figures 68 et 69.

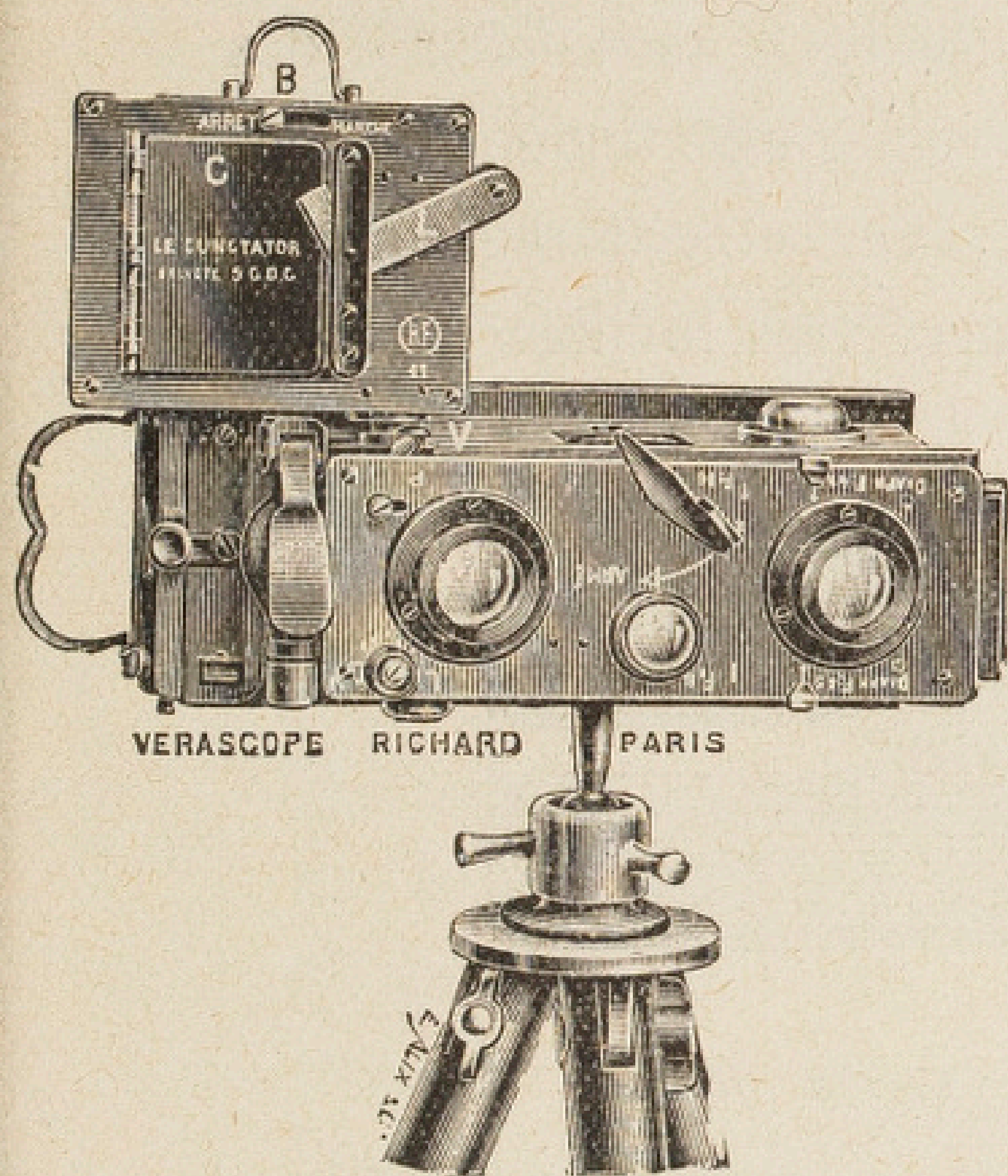


Fig. 68. — Vérascope avec cunctator fermé.

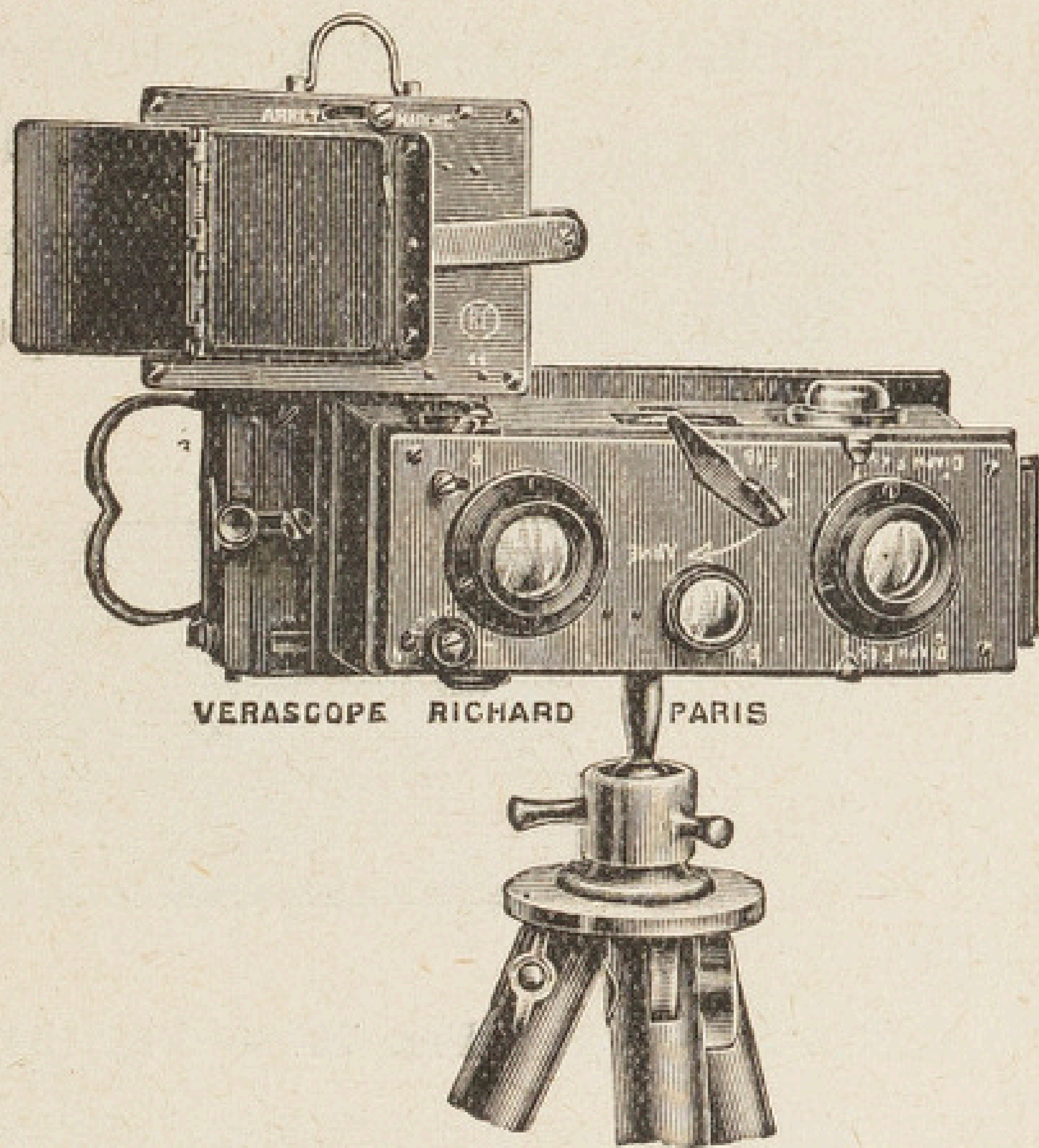


Fig. 69. — Vérascope avec cunctator ouvert.

5. — Emploi d'un seul objectif

L'exécution des stéréogrammes n'exige pas forcément l'emploi de deux objectifs. Il est parfaitement possible d'opérer avec une chambre noire ordinaire et d'obtenir



les deux images, soit en deux poses successives, soit simultanément.

Pour la reproduction des sujets inanimés, tels que paysages par temps calme, monuments, statues, etc., il n'y a aucun inconvénient à procéder par poses successives. On se sert, dans ce cas, d'un appareil quelconque que l'on déplace, entre la première et la seconde pose, de la quantité voulue pour produire le relief. Il faut pour cela un support spécial qui assure le parallélisme des deux positions et permette de régler exactement l'écart.

La figure 70 représente une planchette stéréoscopique très légère et que chacun pourra très facilement cons-

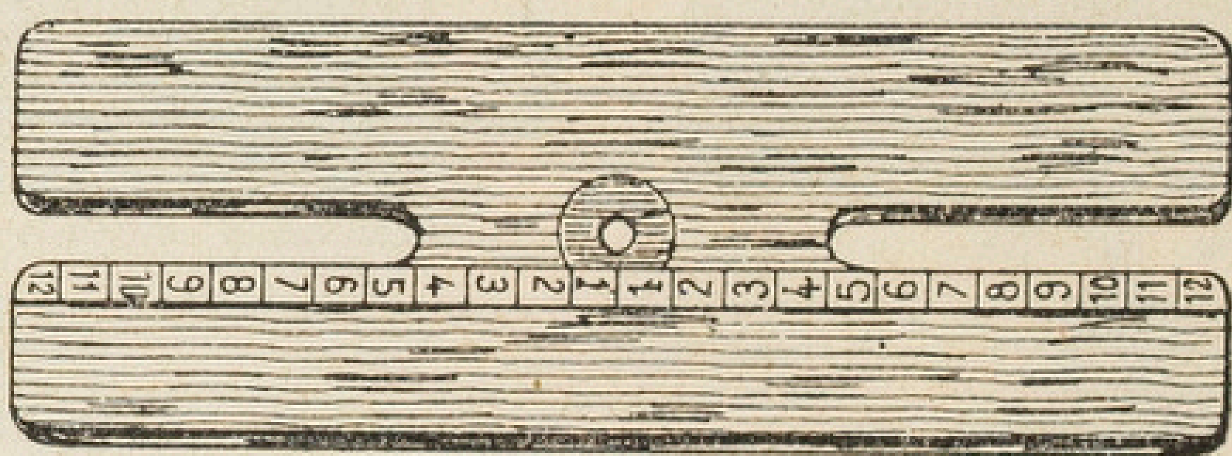


Fig. 70. — Planchette stéréoscopique.

truire. Son volume réduit permet de la mettre dans la poche. Ses dimensions sont : longueur, 24 centimètres ; largeur, 8 centimètres ; épaisseur, 1 centimètre. Un écrou au pas de vis du Congrès est encastré au milieu pour l'adapter à un pied photographique quelconque. De part et d'autre, une rainure sert à fixer n'importe quelle chambre dans l'écrou de laquelle on aura adapté

une vis avec une double rondelle de serrage. Une bande graduée en centimètres, de chaque côté à partir du centre, permet de prendre des vues avec des écartements variant entre 8 et 18 centimètres.

Si l'on veut avoir les deux images sur les deux moitiés d'une même plaque, il faut ajuster à l'arrière de la chambre noire un chariot mutiplicateur. Cette pièce additionnelle se compose d'un cadre à coulisses horizontales (fig. 71) entre lesquelles glissent de gauche à droie le verre dépoli de mise au point et le châssis contenant la plaque sensible. L'image projetée par l'objectif est limitée au moyen d'un cadre à un format un peu moindre que la moitié de la plaque contenue dans le châssis. Le cadre mobile peut occuper trois positions successives, de façon à amener en face de l'ouverture soit l'écran de mise au point soit l'une des deux moitiés de la plaque sensible. Des crans A, V, déterminent exactement les deux positions du châssis, suivant le format des images.

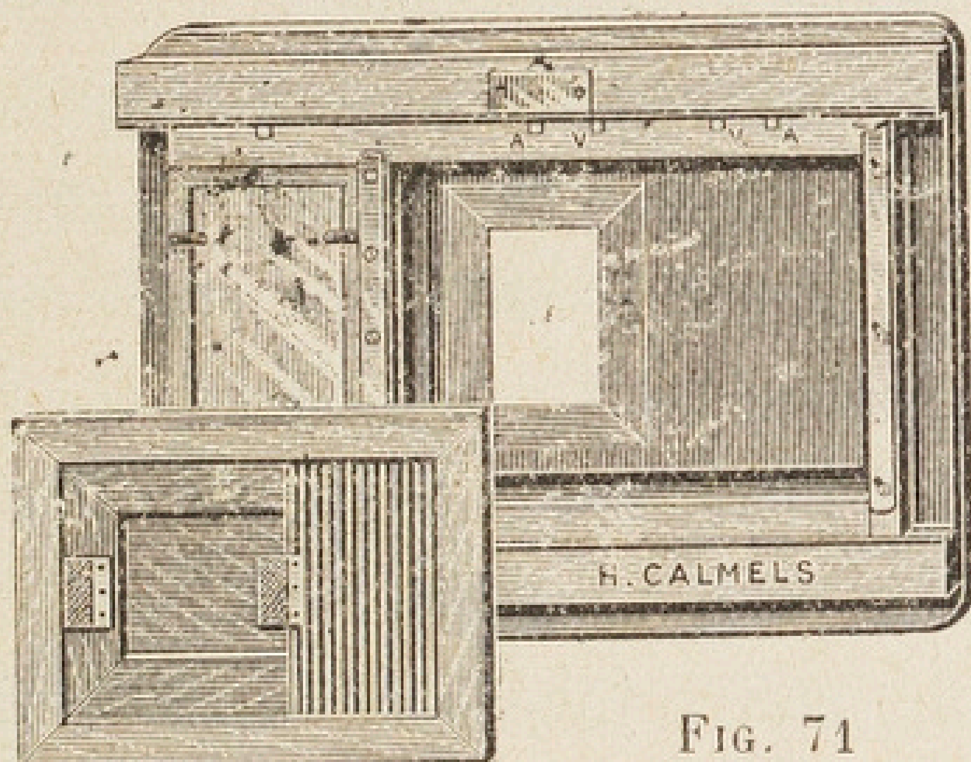


Fig. 71
Chariot multiplicateur.

L'appareil étant placé sur la planchette stéréoscopique, d'abord à droite, par exemple, on met au point et on pousse le cadre mobile de manière à amener en face

de la lucarne le côté gauche de la plaque. On exécute ainsi la première pose, après quoi on transporte l'appareil à gauche du support, et on amène le châssis dans la position correspondant à l'impression du côté droit de la plaque. On opérant de la sorte, on obtient un phototype qui donne directement et sans transposition des épreuves stéréoscopiques.

Le moyen d'obtenir les deux vues stéréoscopiques simultanément avec un objectif unique est connu depuis 1854. A cette époque, P. Barnard proposait de fixer devant l'appareil photographique deux miroirs écartés l'un de l'autre comme le sont nos yeux et inclinés à 45 degrés. Ces miroirs recevaient les rayons lumineux venus du sujet et les renvoyaient sur deux autres miroirs. Réfléchis une seconde fois, les rayons pénétraient dans l'objectif et projetaient sur le plan focal deux images distinctes juxtaposées. Les faisceaux lumineux s'étant croisés avant de former les deux images, le phototype ainsi obtenu donnait directement, sans transposition, des positifs propres à l'examen binoculaire. Il va sans dire que les miroirs doivent être parfaitement plans et argentés à la surface extérieure, afin d'éviter la déformation des images et les reflets secondaires.

Une combinaison plus simple encore, puisqu'elle n'exige que deux miroirs, à été imaginée par Forrest, en 1857, et appliquée à divers appareils, entre autres le *Stereoscopic Transmitter*, de Théodore Brown, à l'aide duquel a été obtenue l'épreuve représentée par la figure

72. Les deux miroirs montés sur un cadre à charnières qui s'adapte à l'objectif au moyen d'une bague munie d'une vis de serrage, se replient l'un sur l'autre comme un carnet. En les ouvrant, ils renvoient dans l'objectif deux images distinctes du sujet. On règle l'écartement des images en tournant une vis qui modifie l'angle que forment entre elles les deux surfaces réfléchissantes. Avec ces miroirs, il n'est pas possible de se servir des viseurs réglés comme d'habitude, l'appareil devant être orienté tout différemment : il faut un viseur réglé suivant l'inclinaison des miroirs. Il n'est pas nécessaire de transposer les positifs pour avoir le relief vrai ; seulement, chaque image étant obtenue par une seule réflexion se trouve présentée à l'envers : ce n'est pas là un inconvénient pour les diapositifs qu'il suffira de placer dans le stéréoscope verre en avant (vers les oculaires) et gélatine en arrière. Pour les épreuves sur papier, il sera nécessaire d'exécuter un contretype symétrique ou de pelliculer le phototype initial.

Ces combinaisons de miroirs ont le double avantage d'économiser l'achat d'un second objectif et de faciliter l'exécution des stéréogrammes de grandes dimensions. Ainsi, les épreuves destinées à être examinées dans le stéréoscope Pigeon ne peuvent pas être directement tirées d'un négatif exécuté dans une chambre stéréoscopique à deux objectifs, car, en raison de leur grande largeur, les deux images auraient leurs centres beaucoup plus écartés qu'il ne convient. On peut, il est vrai, tour-



Fig. 72. — Epreuve obtenue à l'aide du "**Stereoscopic Transmitter**", en une *seule* pose, sur une *seule* plaque, avec un *seul* objectif.

ner la difficulté en exécutant les épreuves d'après de petits clichés que l'on agrandit, seulement l'amplification ne donne pas des images aussi détaillées que l'épreuve directe. On peut aussi disposer l'une en face de l'autre deux grandes chambres noires munies chacune d'un objectif et recevoir les rayons lumineux venus du sujet au moyen de deux miroirs inclinés à 45 degrés ; mais cette disposition est alors plus compliquée que les précédentes, puisqu'elle exige, non seulement l'emploi de surfaces réfléchissantes, mais aussi l'acquisition d'un second objectif dont le prix, pour les grands formats, est assez élevé. On reproche généralement aux combinaisons de miroirs l'infériorité des stéréogrammes ainsi obtenus sur ceux qui proviennent d'appareils à deux objectifs. Ce défaut ne peut résulter que d'un vice de construction et n'est pas inhérent au principe même des images dédoublées par réflexions : on obtient d'excellents résultats, en apportant à la fabrication et au réglage des miroirs tous les soins nécessaires. Du reste, ces dispositifs, même établis avec toute la précision désirable, ne sont pas aussi coûteux que le second objectif exigé par les procédés habituels de stéréophotographie.

6. — Appareils pour la stéréophotographie à courte distance

La reproduction des objets de petites dimensions (médailles, bijoux, insectes, plantes, etc.) exige le rap-

prochement de l'appareil. Si l'on se sert alors d'une chambre stéréophotographique dont les objectifs ont le même écartement que nos yeux, on obtient un relief exagéré, en examinant le stéréogramme dans un stéréoscope ordinaire. En effet, le relief n'est exact que si le tirage de la chambre noire est égal à celui du stéréoscope. Mais, lorsqu'on photographie un objet de très près, le tirage est bien supérieur à la distance focale principale des objectifs. Il faudrait, dans ce cas, avoir un stéréoscope muni de lentilles à long foyer, ou plutôt autant de foyers que de tirages de chambre noire, ce qui est pratiquement impossible.

D'autre part, si on laisse entre les objectifs rapprochés du sujet un écartement égal à celui des yeux, les images du centre du sujet cessent de coïncider avec les centres des épreuves. Il en résulte que chacune des deux épreuves est incomplète : l'une contient surtout la moitié droite du sujet, l'autre la moitié gauche. Et, comme le relief ne se voit que dans la zone qui figure sur les deux images, on est amené à sacrifier les parties inutiles et même nuisibles à l'observation binoculaire, en sorte que les épreuves se réduisent à des bandes d'autant plus étroites qu'on a opéré de plus près. De plus, les images devant être transposées de droite à gauche, comme nous l'expliquerons au chapitre suivant, le décentrement latéral des points homologues subsiste, mais en sens inverse, si bien que la distance qui les sépare sur le stéréogramme devient inférieure à l'écartement des

yeux. Si l'on examine ces images dans un stéréoscope ordinaire, les yeux sont astreints à un effort de convergence très fatigant. On évite ces inconvénients, soit par la convergence des objectifs, soit par la réduction de leur écartement.

Le premier moyen adopté pour réaliser la convergence des axes optiques consistait à placer l'une à côté de l'autre deux chambres noires non parallèles. Comme il s'agit presque toujours de reproduire des sujets inanimés, on procède généralement par poses successives, et l'on réalise la convergence en faisant osciller le modèle ou l'appareil.

C'est sur ce principe qu'est basée, entre autres, la planchette stéréophotographique Monpillard. L'objet à reproduire, une pièce de monnaie, par exemple, est serré entre deux glaces verticales, au-dessus d'un axe dont on peut mesurer exactement le déplacement angulaire. Un socle à vis calantes et niveau sphérique permet de donner à l'axe une direction parfaitement verticale.

L'appareil photographique étant placé devant l'objet à reproduire, on fait pivoter le support de la quantité déterminée, suivant la distance et suivant le relief à réaliser, et l'on fait une première pose. On fait ensuite pivoter le support en sens inverse, et l'on procède à la seconde pose. On obtient ainsi deux images différentes, deux aspects correspondant à ceux qu'aperçoit l'observateur lorsqu'il regarde le modèle (fig. 73).

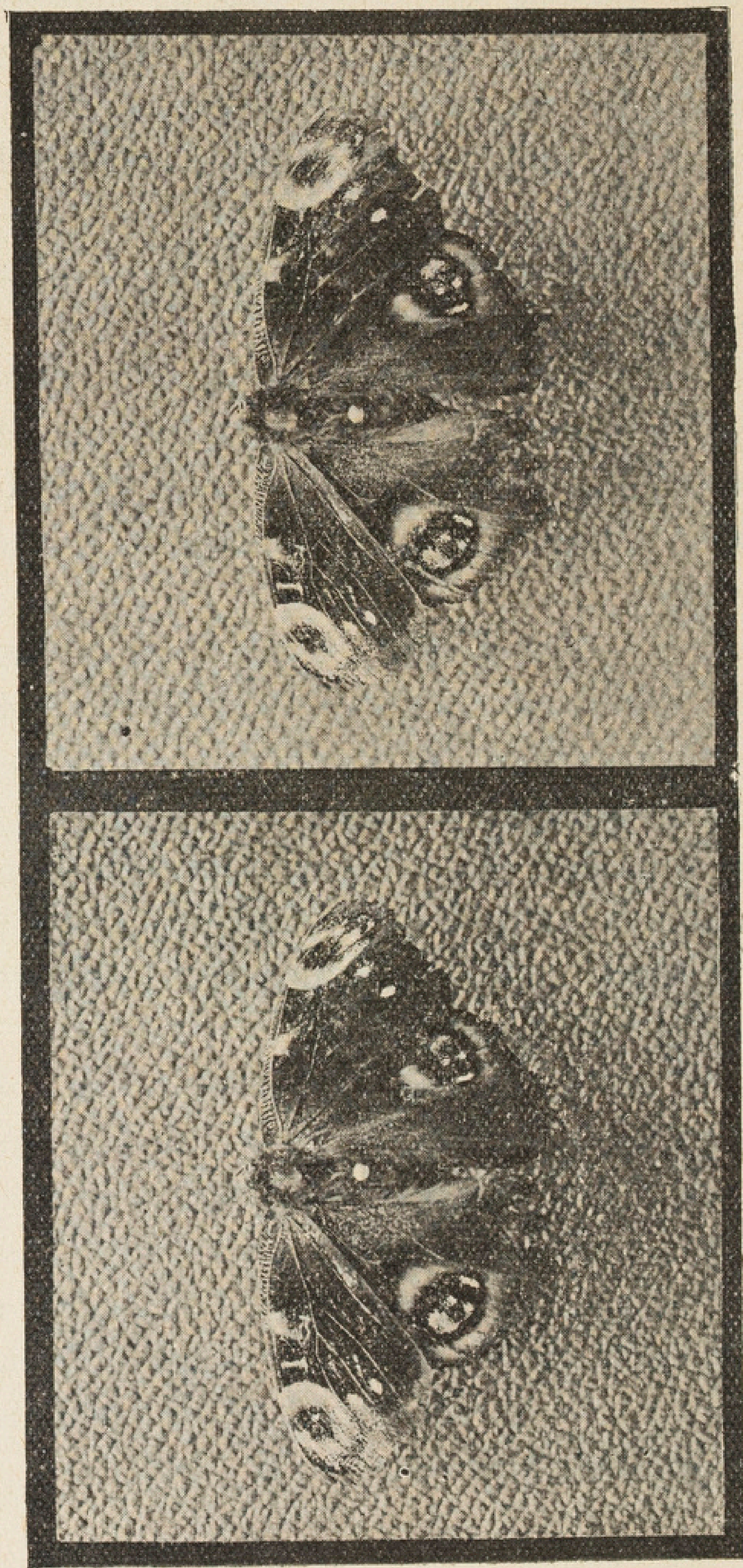


Fig. 73. — Hypostéréoscopie par rotation sur bascule.

On arrive au même résultat, en laissant le modèle immobile et en déplaçant l'appareil. Le *banc stéréopho-*

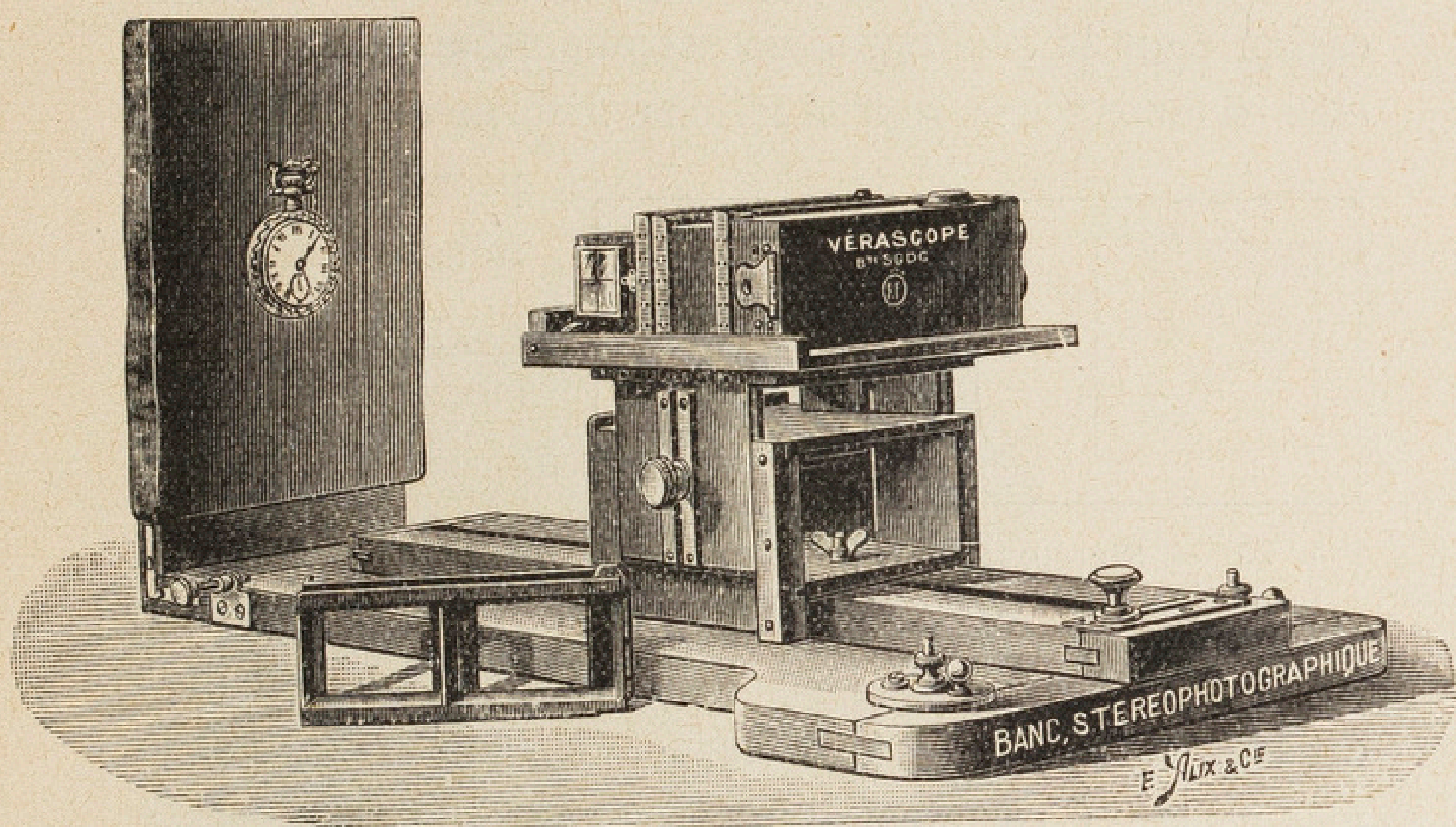


Fig. 74. — Banc stéréophotographique.

tographique de M. Colardeau (fig. 74) consiste essentiellement en une règle portant l'appareil photographique et oscillant horizontalement autour de son extrémité postérieure. Les deux images du sujet sont successivement centrées par le déplacement angulaire de la règle, et un dispositif très simple permet de fixer l'angle du déplacement d'après la distance qui sépare l'appareil du modèle. Si l'on emploie un appareil à tirage invariable, comme le Vérascope, un système de rallonges ajustables à l'arrière de la chambre, combiné à une série de bonnettes, permet la mise en place et la mise au point.

Les méthodes stéréoscopiques par oscillation ne sont pas limitées à la reproduction des objets rapprochés : nous en trouverons, notamment, une importante application dans la photographie astronomique. Cependant, elles donnent des reproductions déformées, puisqu'on prend les deux images sur des plaques qui ne sont pas dans le même plan (si c'est l'objet qui pivote sur lui-même, le résultat est identique), tandis que les positifs sont vus dans le même plan. C'est ainsi qu'un carré se trouve représenté par deux trapèzes (fig. 75). Théoriquement, ces deux éléments ne sont pas superposables ; cependant, ils fusionnent pratiquement dans le stéréoscope, à moins que le modèle soit trop rapproché : dans ce cas, le seul moyen d'obtenir un relief vrai, sans déformation, est de rapprocher les objectifs sans déplacer le sujet, et d'exécuter les deux images sur le même plan.

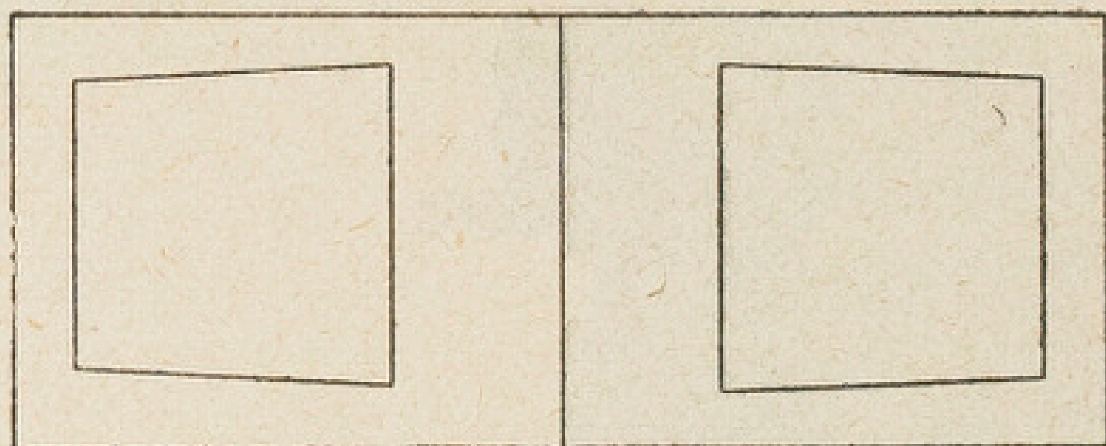


Fig. 75. — Stéréographie d'un carré (déformation par convergence des axes optiques).

Cette dernière méthode est automatiquement appliquée à l'aide du dispositif de M. W. Scheffer. Les objectifs stéréoscopiques (fig. 76) se rapprochent ou s'écartent l'un de l'autre par le déplacement de deux leviers dont les extrémités inférieures sont engagées dans des glissières adaptées à la base de la chambre noire, entre les

crémaillères de mise au point. Ces deux glissières ne sont pas parallèles, mais forment entre elles un angle déterminé de telle sorte que, lorsque la mise au point est réglée sur l'infini, les objectifs sont à leur plus grand

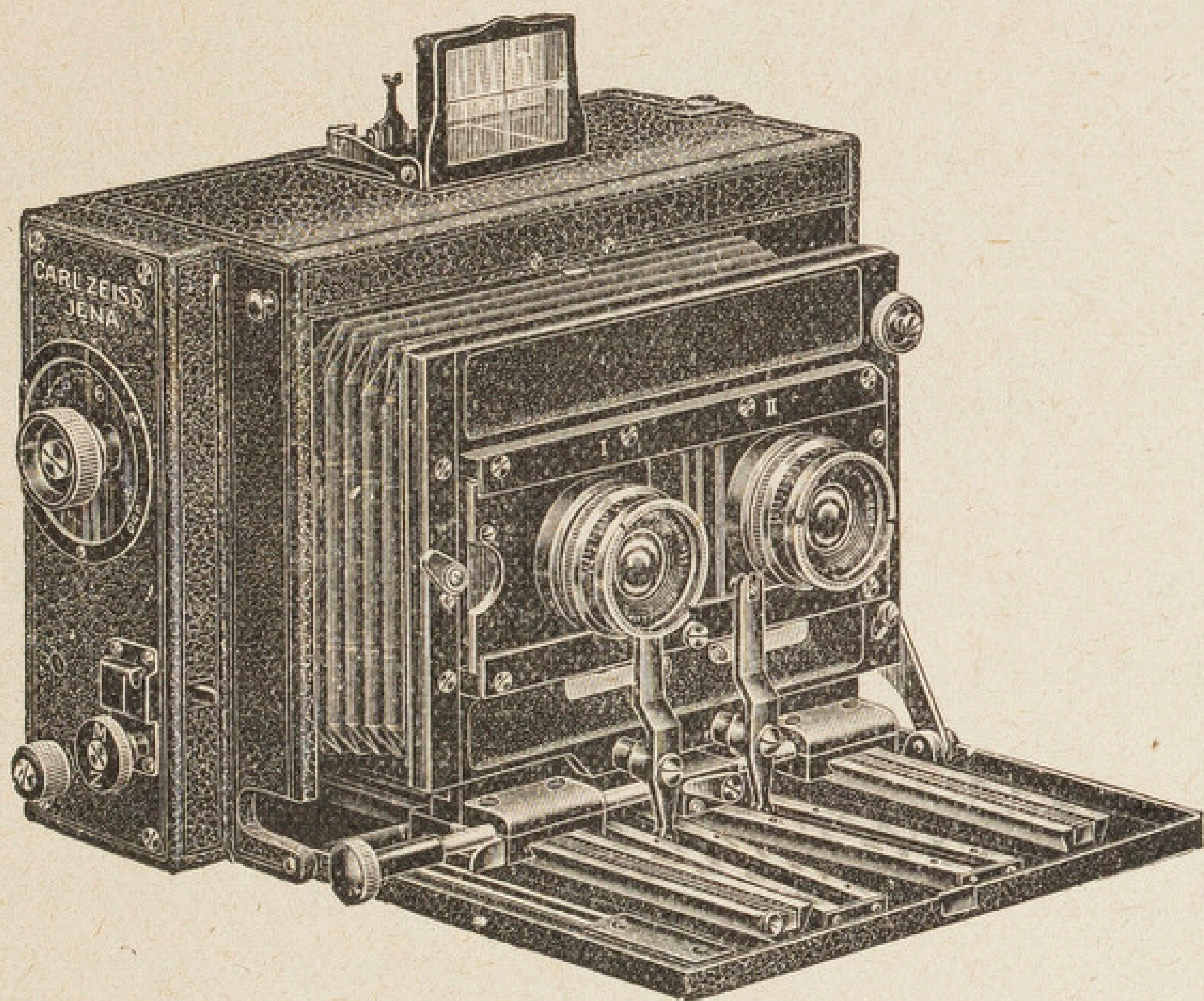


FIG. 76. — Appareil Scheffer, pour la photostéréoscopie des objets rapprochés.

écartement ; tandis que, si l'on augmente le tirage, pour mettre au point sur un objet plus rapproché, les objectifs se rapprochent l'un de l'autre de la quantité voulue. L'opérateur n'a ainsi qu'à s'occuper de la mise au point, les objectifs se plaçant automatiquement à

l'écart voulu ; la surface des épreuves est tout entière utilisable, quel que soit le rapprochement des objets reproduits, et la transposition des images ne nécessite aucune précaution particulière.

CHAPITRE III

OPÉRATIONS

1. — Surfaces sensibles négatives

Les phototypes stéréoscopiques peuvent être exécutés indifféremment sur plaques de verre ou sur celluloïd. Quant au papier, il offre d'incontestables avantages dans la photographie ordinaire (économie, légèreté, résistance au choc, rendement maximum de l'émulsion, suppression du halo) ; cependant, ce support n'est pas à conseiller en stéréophotographie, parce que l'irrégularité de la trame se traduit sur les phototypes par un *grain* plus ou moins grossier mais que l'on n'est pas encore parvenu à supprimer entièrement, et ce grain, reproduit sur les positifs et amplifié par les oculaires du stéréoscope, aboutirait à des effets choquants.

La nature de l'émulsion dépendra du but qu'on se propose. S'il s'agit d'exécuter des reproductions d'objets d'art, de monuments dont on ne veut perdre aucun

détail ou, à plus forte raison, de documents scientifiques, on aura tout intérêt à se servir de plaques à émulsion peu mûrie, qui donnent des images très fines.

Par contre, ces plaques, étant relativement lentes, ne sauraient convenir à la reproduction des sujets animés. Aussi, le photographe qui part en voyage ou en excursion avec l'intention de saisir sous les motifs intéressants qui s'offriront à portée d'objectif, fera mieux de se munir de plaques très rapides, à l'aide desquelles il lui sera plus facile de reproduire n'importe quel sujet et d'opérer dans les circonstances les plus variées avec le minimum de risques d'insuccès. On trouve d'ailleurs actuellement des émulsions à grain relativement fin malgré leur extrême sensibilité, et ce grain même peut encore être notablement atténué en traitant le cliché dans l'alun de chrome.

Pour obtenir les meilleurs résultats, il faudra faire usage de plaques orthochromatiques et anti-halo.

La plaque photographique ordinaire possède une sensibilité bien différente de celle de nos yeux. Nos yeux sont surtout impressionnés par le jaune, le vert et le rouge, qui leur paraissent beaucoup plus vifs, beaucoup plus éclatants que le bleu et le violet. Le bromure d'argent, au contraire, reçoit la plus forte impression du bleu, du violet et même de l'ultra-violet que nous ne voyons pas du tout, tandis qu'il n'en reçoit presque aucune du rouge, du vert, ni même du jaune le plus lumineux. Ces inconvénients sont d'ailleurs compensés par

quelques avantages, puisqu'ils permettent au photographe de charger ses châssis et de surveiller le développement de ses clichés en lumière rouge ou verte. Mais, par contre, ils rendent impossible la reproduction exacte des valeurs de la plupart des sujets, et souvent même ils se traduisent par des effets choquants, surtout en stéréoscopie où il est nécessaire de réaliser le maximum de vraisemblance. Ainsi, dans un paysage bien éclairé, l'azur foncé d'un ciel pur est rendu par une surface uniformément blanche, tandis que le vert clair des prairies est figuré par une teinte sombre. Dans le portrait, la peau est reproduite plus noire qu'elle est en réalité, les taches de rousseur sont exagérées, les yeux bleus deviennent blancs, et les cheveux blonds brunissent.

Pour éviter ces anomalies, il suffit d'imprégner le bromure d'argent de certaines matières colorantes, qui le rendent sensible au rouge, au jaune et au vert. On trouve maintenant dans le commerce d'excellentes plaques *orthochromatiques*, c'est à dire susceptibles de reproduire à leur juste valeur toutes les nuances. Toutefois, ce résultat n'est complètement obtenu qu'à la condition d'interposer un écran jaune qui absorbe les radiations ultra-violettes et compense l'excès de sensibilité que l'émulsion a conservée pour le violet et pour le bleu. Certaines plaques cependant peuvent être employées sans écran, parce que la gélatine à laquelle est incorporé le sel sensible est elle-même imprégnée d'un colorant jaune faci-

lement éliminable. L'emploi des écrans ne présente aucune difficulté : on peut les adapter en un instant aux objectifs, aussi facilement que les bouchons ou les bonnettes d'approche, à l'aide d'une bague à frottement doux (fig. 77). Pour le paysage, il sera utile d'avoir deux ou trois paires d'écrans de coloration plus ou moins intense, suivant les couleurs du sujet, l'état de l'atmosphère et l'effet à réaliser.

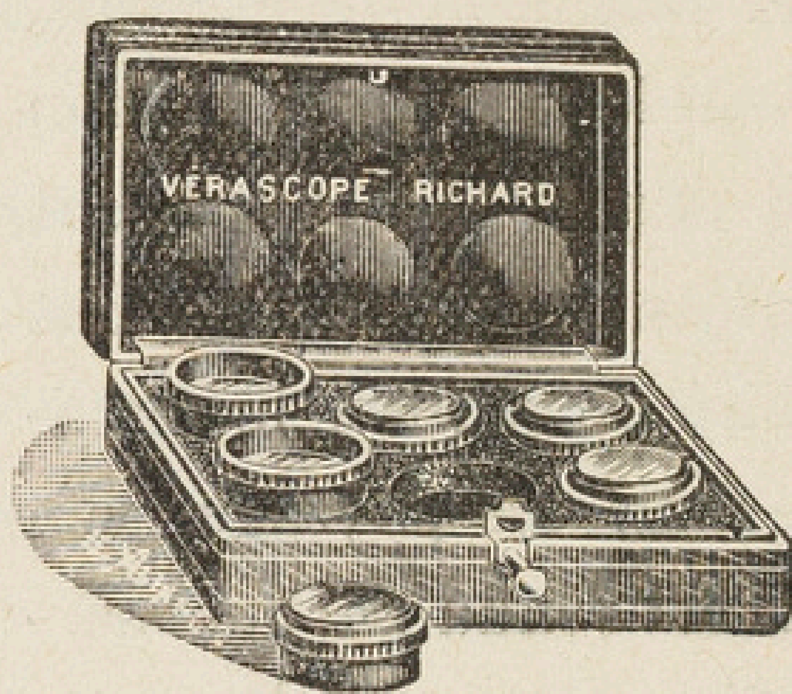


Fig. 77. — Écrans compensateurs.

Il faut aussi éviter le *halo*, phénomène d'irradiation qui se manifeste dans la reproduction des sujets à contrastes violents : couchers de soleil, sous-bois où les branches laissent apercevoir le ciel, portraits à contre-jour, vues prises la nuit et comportant des sources de lumière dans le champ des objectifs. On remarque alors que la lumière a empiété sur les parties sombres avoisinantes et se trouve entourée d'une sorte d'auréole aux contours mal définis. Cette irradiation est due aux rayons lumineux qui ont traversé de part en part la couche sensible et son support, et se sont ensuite réfléchis sur la seconde face du verre ou de la pellicule. Pour éviter le halo, il suffit d'empêcher cette réflexion nuisible. On y parvient, soit en enduisant le dos de la plaque d'une couleur opaque

mêlée à un agglutinant, soit en interposant entre l'émulsion et son support une sous-couche colorée absorbante. Dans le premier cas, l'anti-halo est éliminé par les bains et les eaux de lavage qui dissolvent l'agglutinant ; dans le second, il est décoloré ou dissous à l'aide de réactifs appropriés. Il existe même des plaques, les *simplex* de Lumière, par exemple, dont l'anti-halo est constitué par une substance soluble dans le bain de fixage, en sorte que leur emploi n'entraîne aucune espèce de complication. On trouve aussi dans le commerce des plaques dont l'anti-halo est constitué par une feuille enduite d'un adhésif coloré en noir et qu'il est très facile d'arracher après la pose.

Les plaques anti-halo sont préférables aux plaques ordinaires, même pour la reproduction des sujets où aucun halo n'est à redouter. Les clichés sont plus vigoureux et plus purs, les erreurs de pose sont plus faciles à éviter, les demi-teintes sont mieux rendues, et les plans successifs d'un paysage étendu se différencient beaucoup plus nettement que sur les plaques ordinaires, où ils ont une tendance à se confondre : ce dernier avantage est particulièrement appréciable en stéréoscopie.

Le chargement des châssis s'opérera comme d'habitude à l'abri de la lumière actinique, et même à l'abri de toute lumière, si l'on emploie des plaques orthochromatiques très sensibles au rouge et au vert. Il faudra éviter les poussières avec encore plus de soin que dans les procédés photographiques ordinaires : le plus petit corps

étranger déposé sur la gélatine forme une ombre, un obstacle à l'impression lumineuse ; il en résulte un point transparent sur le cliché et un point noir sur le positif. On n'oubliera donc pas de passer sur la couche un morceau de toile très fine ou un pinceau très souple, après s'être assuré que les poils tiennent bien, car s'il s'en dépose un seul sur la gélatine, il en résultera un trait blanc sur le négatif et un trait noir sur l'épreuve. Ces défauts de l'image, points ou traits, sont d'autant plus choquants qu'ils sont agrandis par les lentilles du stéréoscope.

2. — **Prise des vues**

Les principes qui doivent guider le photographe dans le choix et la composition du sujet, la disposition de l'éclairage, la mise en plaque et le calcul du temps de pose sont les mêmes pour les vues stéréoscopiques que pour les images simples. Nous n'avons donc pas à entrer ici dans des détails que l'on trouvera dans un traité général de photographie, et il suffira de signaler les particularités propres à la stéréophotographie.

Le champ d'action de la photographie binoculaire est extrêmement étendu et varié. Tous les sites, tous les monuments célèbres ont été ainsi reproduits. Tout le monde connaît ces belles collections de stéréogrammes représentant des intérieurs de musées ou de châteaux qui, vus dans le stéréoscope, procurent une saisissante illusion de la réalité. L'amateur préfère en général des

sujets moins universellement connus : des coins inexplorés, des paysages dont il a le plaisir de découvrir le charme jusque-là demeuré insoupçonné ; des scènes de rues, pleines de pittoresque et d'imprévu ; des bords de rivières, des marines, où les reflets qui se jouent sur les eaux ne peuvent être exactement rendus que par l'effet stéréoscopique. Les objets d'art, les intérieurs, les fleurs et les tentures fournissent également de très intéressants sujets d'études.

Les groupes, les scènes de genre, les portraits sont plus rarement traités par la stéréoscopie, et c'est une lacune que rien ne justifie, car ce sont là des sujets pleins d'intérêt et dont la reproduction binoculaire ne présente point de difficulté sérieuse. Il faut seulement éviter de trop s'approcher des personnages, afin de ne pas exagérer le relief.

« Avec un peu d'habitude, de tact et de goût dans l'arrangement, dit M. B. Lihou, on sera étonné et charmé des résultats. La sensation de relief est admirable ; chaque objet se détache d'une façon légère : la figure, le sujet tout entier, prend son modelé ; le corps n'est plus plat, les vêtements flottent... Chaque détail acquiert de l'importance, les demi-teintes donnent du fondu ; l'arrière-plan ajoute à l'illusion et donne au portrait la perspective aérienne si recherchée des artistes. »

Et, à propos des groupes, le même auteur s'exprime ainsi : « L'arrangement restera affaire de goût. Mais quel charme au stéréoscope ! Au lieu d'une pyramide

humaine, d'un lot compact et sans harmonie, où les têtes se touchent, vous verrez chacun se détacher du voisin, l'air circuler partout, et chaque chose acquérir une valeur propre que la photographie simple eût été impuissante à lui donner. »

Les avant-plans ont, en stéréoscopie, une importance toute particulière et devront appeler toute l'attention du photographe, quel que soit le sujet choisi. Plus le premier plan sera bien déterminé et vigoureux, plus les autres plans fuiront, donnant au tableau une agréable profondeur. Il faut, autant que possible, choisir des vues dans lesquelles se trouvent des lignes fuyantes qui conduisent le regard et la pensée du premier au dernier plan, comme les deux côtés d'une route ou d'une rue, les deux rives d'un cours d'eau.

C'est sur le premier plan que devra être réglée la mise au point ; encore ne faut-il pas exagérer la netteté, surtout dans le paysage, parce qu'un excès de définition produit une sécheresse désagréable, qui fait songer à un décor de théâtre obtenu par des découpures disposées sur des plans différents.

Dans la photographie des lointains, il sera nécessaire d'arrêter en partie les radiations bleues qui impressionneraient trop la plaque : on interposera donc un verre jaune assez foncé, et l'on emploiera une émulsion orthochromatique. Il faudra aussi, en pareil cas, un anti-halo, à cause de la grande différence de luminosité entre les plans très éloignés les uns des autres

Quelques précautions sont nécessaires, pour éviter un accident assez fréquent en photographie stéréoscopique. Il s'agit de l'*effet de neige*. Malgré sa désignation, cet accident n'est pas un phénomène particulier à l'hiver; il se produit, au contraire, plus souvent en été, quand le soleil éclaire vivement des objets tels que routes poudreuses, maisons blanches, feuillage luisant, dont la reproduction a une tendance à donner des images dures, heurtées, sans demi-teintes. On atténue cet effet en employant des plaques orthochromatiques et des écrans jaunes, et en traitant le cliché de manière à adoucir les contrastes plutôt qu'à les exagérer.

Pour la même raison, il faudra éviter la sous-exposition, qui empêcherait d'avoir des images harmonieuses. Si l'on détermine le temps de pose au moyen d'un photomètre, il vaudra mieux dépasser légèrement la durée d'exposition indiquée par l'instrument, car il est très facile de compenser les excès de pose, soit par un développement approprié, soit par un correctif judicieusement employé.

Dans les méthodes par poses successives, par exemple avec un seul objectif et une chambre noire déplacée de la quantité voulue entre les deux expositions, il arrive souvent qu'on obtient des images d'inégale valeur, soit que le temps de pose n'ait pas été le même, soit que l'intensité de la lumière se soit modifiée. Les épreuves ainsi exécutées (fig. 78) seraient inacceptables, dans le commerce ; cependant, au stéréoscope, elles font bon effet,

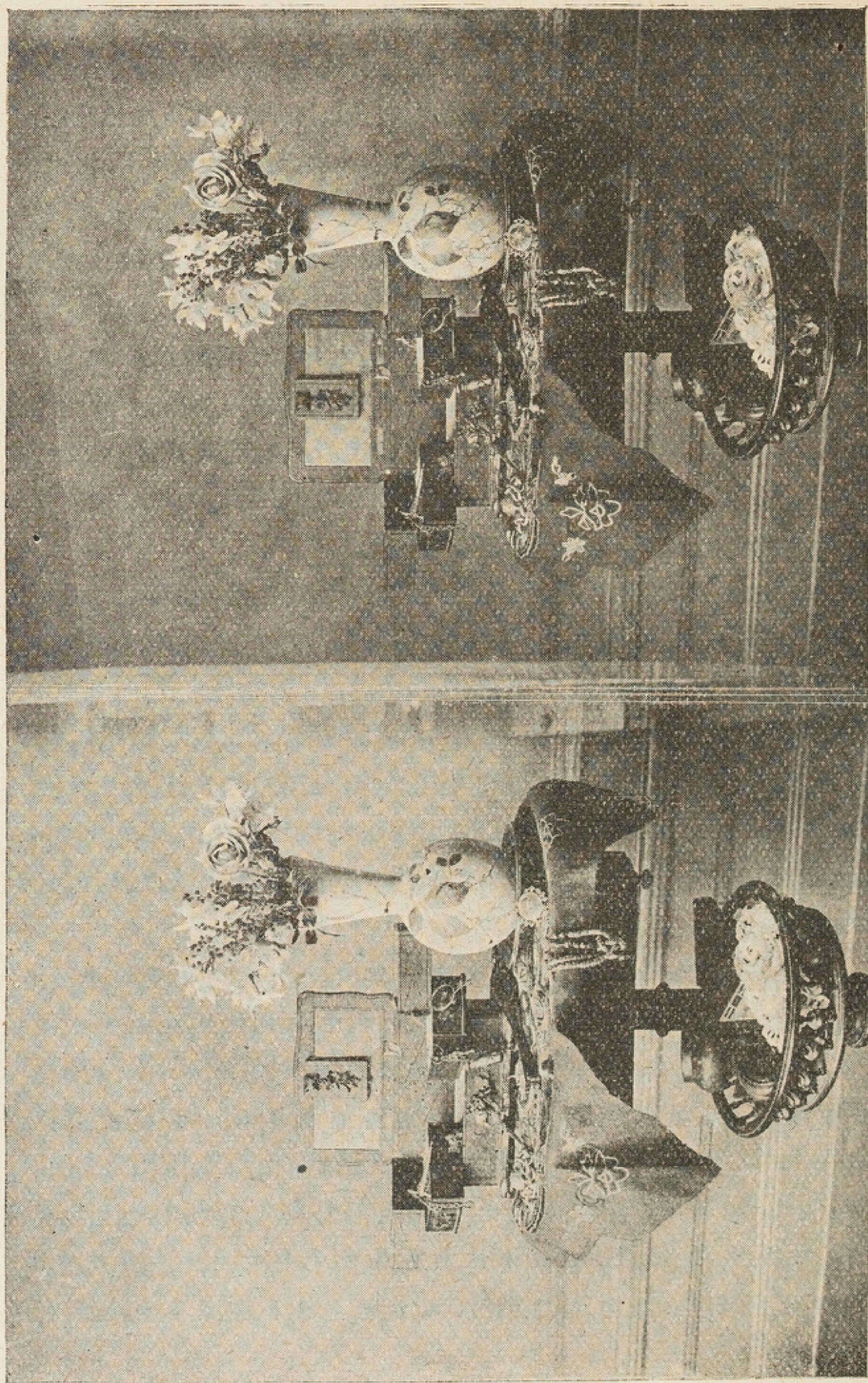


Fig. 78 — Stéréogramme composé d'images d'intensités différentes.

parce qu'elles se complètent mutuellement. Dans l'une des images, les ombres manqueront de détails, mais les plus légères demi-teintes seront très bien venues ; tandis que, sur l'autre épreuve, les parties claires seront rongées, mais les ombres seront transparentes et fouillées. En définitive, ce couple d'épreuves imparfait deviendra souvent, à l'examen binoculaire, préférable à des épreuves d'égale valeur.

3. — **Exécution des négatifs**

La plupart des révélateurs conviennent au développement des négatifs stéréoscopiques, et le photographe habitué à une formule dont il connaît bien les effets aura tout avantage à n'en point changer. Toutefois, les révélateurs qui ont une tendance à produire des phototypes doux, harmonieux et fouillés, sans empâtement des noirs, sont préférables à ceux qui accentuent les contrastes.

Ainsi, l'hydroquinone, qui fournit des clichés très vigoureux, mais heurtés, serait impropre à la stéréophotographie. Les épreuves manqueraient généralement de modelé et présenteraient trop souvent l'effet de neige.

A ce point de vue, le métol (1) serait bien préférable, car il donne des images légères, un peu faibles même, d'un grain fin, très fouillées dans les ombres. Toutefois, l'amateur devra prendre garde aux accidents cutanés

(1) Sulfate de monométhylparamidophénol, également désigné, dans le commerce, sous les noms de *génol* et de *vitérol*.

(eczémas et inflammations) qui résultent de son usage prolongé. Il ne manque d'ailleurs pas d'autres révélateurs susceptibles de satisfaire entièrement aux conditions requises.

Le diamidophénol est dans ce cas, et nous en recommandons le choix à ceux qui seraient embarrassés à ce sujet ; non pas que nous le jugions supérieur à tous les autres, mais parce que la préparation en est extrêmement simple, comme on peut en juger par la formule normale :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre.............	30 gr.
Diamidophénol (chlorhydrate)	5 —

On ne préparera cette solution qu'au moment de l'emploi, car elle ne se conserve pas longtemps. Si l'image tarde à se montrer, ce qui est un indice de sous-exposition, on ajoute au bain normal une solution concentrée de sulfite de soude, sans cependant dépasser le double de la quantité indiquée ci-dessus. Si, au contraire, on s'aperçoit qu'il y a eu excès de pose, on étend rapidement le bain de son volume d'eau et on y ajoute du diamidophénol, sans dépasser le triple de la dose normale. Ce révélateur fournit des clichés très harmonieux, remarquablement fouillés, d'un gris noir à grain très fin, pur et brillant.

Les plaques notablement sous-exposées — et les instantanés sont souvent dans ce cas — se développent mal dans les révélateurs à action rapide : les images sont

dures, les détails manquent dans les ombres et sont empâtés dans les zones claires. On arrive à de meilleurs résultats en diluant le révélateur, de manière à ralentir le développement. Les négatifs sont alors beaucoup plus doux, les contrastes sont atténués, et l'on évite l'effet de neige, si désagréable en stéréoscopie.

Toutefois, cette méthode n'est pas applicable à tous les révélateurs. Ceux qui s'oxydent trop rapidement seraient altérés avant la fin de l'opération. D'autre part, certaines gélatines supportent mal l'action prolongée des substances alcalines : le diamidophénol développe sans alcali, mais ne se conserve pas suffisamment ; aussi convient-il de le remplacer, pour le développement lent, par la métoquinone, qui fournit un révélateur très peu oxydable et d'où est exclu tout alcali :

Eau	800 cc.
Métoquinone	1 gr.
Sulfite de soude anhydre	10 —
Bromure de potassium, solution à 10 °/₀ .	1 cc.

Ces proportions correspondent à une durée de développement d'environ une heure. L'opération n'exige pas une surveillance continuelle, mais seulement un contrôle intermittent. Si la cuvette est recouverte d'un couvercle, rien n'empêche de sortir du laboratoire et de venir seulement de temps à autre vérifier les progrès du développement.

Un autre révélateur particulièrement recommandable pour le développement des clichés stéréoscopiques, est

le révélateur au glycin, ou à la glycine. Ce mode de développement a fait l'objet de diverses formules. Nous donnerons seulement celles que M. Vannier a indiquées, dans le *Bulletin de la Société française de Photographie.*

On prépare d'abord une solution concentrée :

Eau (distillée de préférence)...........	250 cc.
Sulfite de soude anhydre..............	25 gr.
Carbonate de potasse................	20 —
Glycin (Iconyl)......................	10 —

Cette solution, qui se conserve assez bien en flacons pleins et bien bouchés, sert à préparer deux révélateurs différents :

1° Un *bain doux :*

Solution concentrée	15 cc.
Eau .... q. s. p.	150 —

2° Un *bain dur :*

Solution concentrée	25 cc.
Eau .... q. s. p..	100 —
Solution de bromure de potassium à 10 °/₀	20 —

On commence le développement dans le bain doux, et l'on ne transporte la plaque dans le bain dur que dans le cas, peu fréquent, où elle a besoin de plus d'intensité. La durée du développement est d'environ un quart d'heure. Plusieurs plaques peuvent être traitées en même temps dans une cuvette, et les bains sont utilisables jusqu'à épuisement.

Le bain doux peut être rendu plus actif, soit en y ajoutant 10 à 15 gouttes d'une solution de soude caustique à

20 pour 100, soit en dissolvant dans l'eau de dilution, préalablement à la constitution du bain, une petite quantité de métol (1 /4 de gramme par exemple).

Pour le développement lent, on prendra :

Eau	1.700 cc
Solution concentrée	40 —
Solution de carbonate de soude à saturation	20 —

Avec certaines plaques, ou suivant la température, il est bon d'ajouter 15 grammes d'une solution de bromure de potassium à 10 pour 100.

Lorsqu'on a plusieurs plaques à développer en bain lent, on les traite généralement toutes ensemble dans une cuve à rainures, où elles sont placées verticalement. Pour assurer une intensification régulière sur toute la surface des plaques, on a soin de les retourner de temps à autre, sens dessus dessous : si le développement doit durer une heure, par exemple, on les retournera tous les quarts d'heure.

La cuve à rainures a cependant un inconvénient pour les petits formats dont on tient à utiliser toute la surface, jusqu'aux bords extrêmes. Il arrive souvent que la gélatine mouillée frottant contre les rainures se trouve plus ou moins endommagée, de telle sorte qu'il faut sacrifier une partie du phototype : la suppression d'une bande de 2 ou 3 millimètres n'aurait évidemment aucune importance et passerait même inaperçue, s'il s'agissait d'une grande image, mais il n'en est pas de

même pour le format 45 × 107. Il vaut donc mieux faire usage d'une cuvette horizontale à compartiments (fig 79) au fond de laquelle les plaques reposent sans que la couche soit exposée au moindre frottement.

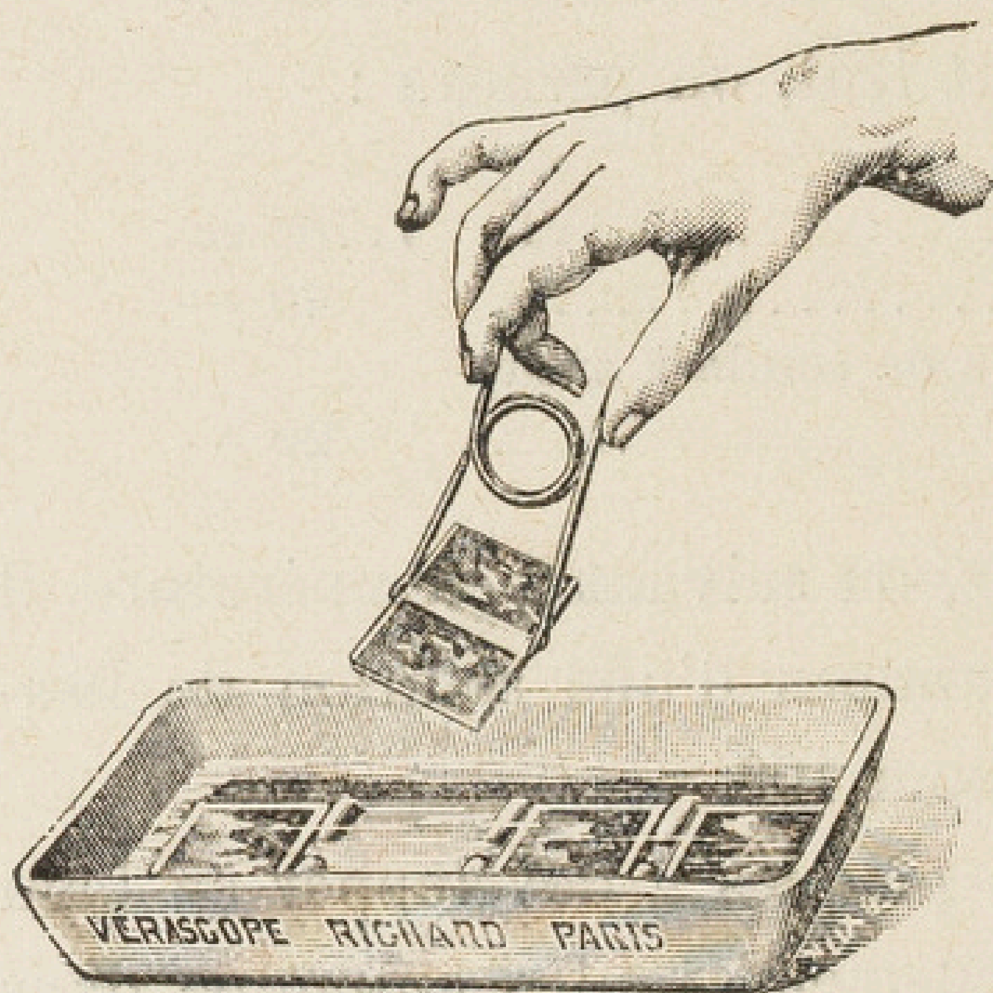


Fig. 79. — Cuvette à 4 compartiments et pince à clichés.

Une pince est très commode pour saisir les clichés, lorsqu'on désire les examiner par transparence, afin de contrôler l'intensification. Si les plaques sont du format 45 × 107, on aura soin d'y appliquer la pince, comme l'indique notre gravure, sur le milieu de la longueur, où un intervalle est laissé entre les deux images, de telle sorte que, si les griffes de la pince viennent à glisser sur la gélatine, elle n'écorchent pas les phototypes. Dans les formats supérieurs, 6 × 13 par exemple, toute la surface de la plaque est utilisée, sans lacune entre les deux images, et la pince risque d'occasionner des dégâts : nous préférons alors nous servir des cadres à développer que l'on peut facilement se procurer à bas prix. Chaque plaque est tenue entre deux rainures métalliques en forme de gouttières, et l'un des côtés du cadre se prolonge en une queue ou poignée qui émerge du liquide dans

lequel baigne le cliché, de sorte qu'il est très facile de plonger la plaque dans le bain et de l'en retirer sans toucher à la gélatine et sans se tacher. Ces cadres nous ont toujours donné entière satisfaction et nous servent dans toutes les opérations. La plaque est posée sèche dans le cadre, et n'en est retirée qu'après le fixage, parfois même qu'après le lavage. On ne risque donc pas d'arracher la gélatine, comme lorsqu'on se sert d'un crochet ou même de l'ongle. Toutefois, il faudra renoncer à l'emploi des cadres dans les renforçateurs et les affaiblisseurs, qui oxyderaient le métal.

Les clichés développés sont lavés avec soin, avant de passer au fixage. Pour avoir des phototypes purs et aussi brillants que possible, il est utile de les fixer dans un bain à réaction légèrement acide :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	200 gr.
Bisulfite de soude liquide.............	15 cc.

Pendant l'été, on y ajoutera 5 grammes d'alun de chrome, afin de durcir la gélatine et de l'empêcher de fondre ou de se craqueler.

Le fixage doit être suivi d'un lavage abondant, prolongé pendant au moins deux heures. On abandonne ensuite les clichés à la dessiccation, autant que possible à l'abri des poussières, dont l'interposition occasionnerait des lacunes dans l'impression des positifs. Il faut éviter de placer les plaques sur les séchoirs à rainures, où il n'y a pas assez de place entre deux couches voisines,

en sorte que le séchage est trop long et trop irrégulier. Le meilleur moyen de réduire au minimum le dépôt de poussière est d'abréger le séchage en trempant les clichés dans l'alcool, dont l'évaporation est ensuite très rapide.

Une fois sec, le cliché ne présente pas toujours l'intensité la plus favorable à l'impression des positifs : s'il est trop faible, les stéréogrammes seront dépourvus de vigueur, et les détails feront défaut dans les ombres ; s'il est opaque, le tirage sera trop lent, et les détails manqueront dans les espaces clairs. De là la nécessité de corriger le négatif, soit en le renforçant, soit en l'affaiblissant. Cette opération supplémentaire, trop souvent négligée, a cependant une grande importance, car elle permet de modifier, non seulement la densité générale du phototype, mais aussi le rapport de ses valeurs qu'il est possible d'accentuer ou d'adoucir.

Les clichés trop faibles seront renforcés soit à l'iodure mercurique soit au ferricyanure de cuivre, dont l'action est moins brutale que celle du bichlorure de mercure ; ce dernier produit d'ailleurs fréquemment des stries, des irrégularités de coloration, et aboutit généralement à des images trop dures pour la stéréoscopie.

En renforçant à fond, on accentue les contrastes, en même temps qu'on accroît la densité générale ; si l'on veut au contraire adoucir le modelé, il faudra arrêter l'action du renforçateur avant qu'il ait pénétré la couche de part en part, de manière à limiter l'intensification aux demi-teintes qui occupent la surface de la gélatine,

tandis que les grandes opacités en occupent toute l'épaisseur.

On peut se procurer les deux renforçateurs que nous venons de citer sous forme de photodoses ou de mélanges en poudre qu'il suffit de dissoudre dans l'eau. Pour ceux qui préféreraient les préparer, nous indiquons les formules les plus simples.

Le renforçateur à l'iodure mercurique est ainsi composé :

Eau	100 cc.
Sulfite de soude anhydre.............	10 gr.
Iodure mercurique	1 —

L'image n'y blanchit pas, comme dans le bichlorure, mais s'intensifie directement, en prenant une nuance indigo. La marche du renforcement est très facile à suivre et à interrompre, au moyen d'un lavage, aussitôt que l'effet désiré est atteint.

Pour préparer le renforçateur au cuivre, on fait d'abord dissoudre :

Eau	100 cc.
Sulfate de cuivre	5 gr.

On y ajoute du carbonate d'ammoniaque, jusqu'à ce que le précipité verdâtre qui se forme d'abord soit redissous. On ajoute ensuite :

Eau	700 cc.
Ferricyanure de potassium............	12 gr.

On ajoute encore du carbonate d'ammoniaque, en

quantité suffisante pour redissoudre le nouveau précipité qui s'est formé. Le cliché est plongé sec dans ce bain, où l'image prend une teinte brune qui passe ensuite au rouge-cerise. Quand l'intensité voulue est atteinte, on lave abondamment la plaque.

Les clichés trop opaques et voilés seront éclaircis dans le réducteur de Farmer :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	50 gr.
Ferricyanure de potassium	5 —

Les clichés trop intenses et trop durs, qu'il faut à la fois affaiblir et adoucir, seront d'abord blanchis à fond dans :

Eau	150 cc.
Bichromate de potasse	1 gr.
Acide chlorhydrique	3 cc.

Quand l'image tout entière est devenue blanche, même vue à l'envers, par suite de la chloruration de l'argent qui constituait le négatif, on lave abondamment la plaque, et on la traite par un révélateur dont on a soin d'arrêter l'action avant qu'elle se soit exercée dans toute l'épaisseur de la couche. On fixe alors, et l'hyposulfite enlève définitivement le chlorure d'argent resté inattaqué. Cette méthode permet d'enlever la couche inférieure des grandes opacités, tout en laissant subsister la couche superficielle où se trouvent les plus délicates demi-teintes ; c'est le meilleur moyen d'atténuer, sinon de supprimer entièrement, l'effet de neige, lorsqu'on

n'a pas réussi à l'éviter au cours des opérations précédentes.

La retouche des clichés stéréoscopiques doit-être limitée au strict nécessaire, car il est trop difficile de modifier les deux images sans aboutir à quelque invraisemblance. Cependant il est nécessaire de couvrir les points transparents. qui se traduiraient sur le positif par des points noirs. La gélatine étant parfaitement sèche, on tamponne la partie à retoucher avec un linge fin imbibé de *mattolin* (vernis destiné à faciliter l'application du crayon et composé de gomme Dammar ou de baume du Canada dissous dans l'essence de térébenthine) ; les lacunes sont alors comblées très facilement à l'aide de crayons à pointe très effilée. Si la gélatine est trouée, on se servira de pinceaux enduits d'encre de Chine ou de laque carminée.

Si le phototype est destiné au tirage d'un grand nombre de positifs, la gélatine sera protégée par un enduit imperméable et parfaitement transparent, tel que le vernis *cristal* (celluloïd dissous dans l'acétone et l'acétate d'amyle) ou la gomme Dammar dans le tétrachlorure de carbone : ce dernier dissolvant a sur la benzine l'avantage d'être ininflammable.

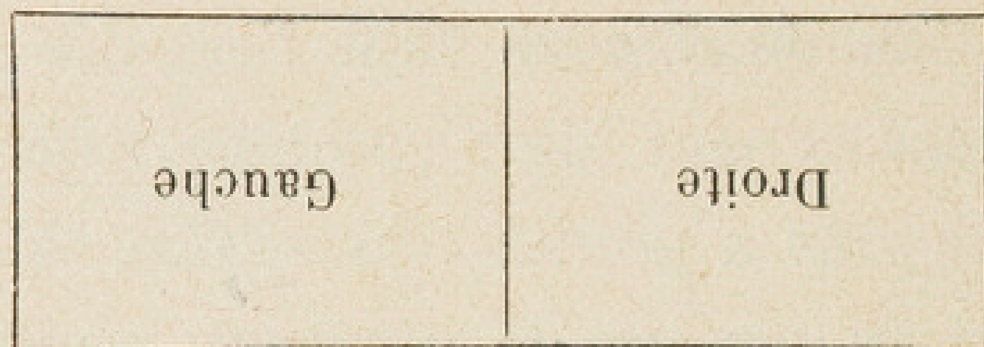
4. — Transposition des images

Si l'on examine un cliché stéréoscopique dans un stéréoscope ordinaire, on y voit une image négative à

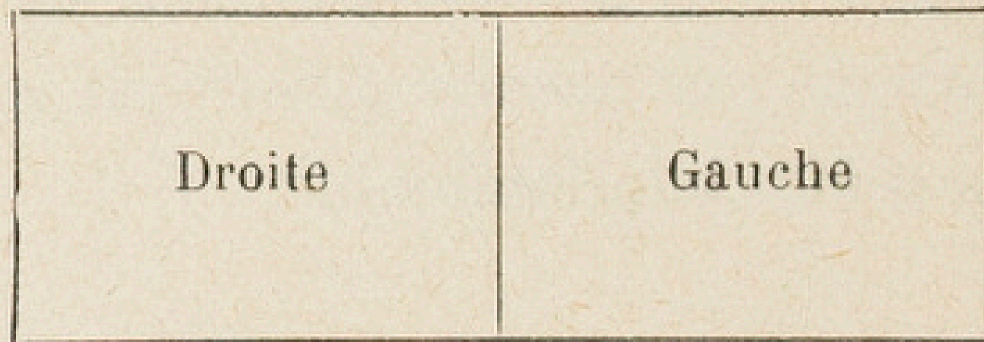
relief inversé ou pseudoscopique. Un positif tiré de ce cliché et examiné de même présenterait également l'interversion des plans, chaque relief du sujet se trouvant remplacé par un creux, et réciproquement, comme si l'on en regardait un moulage.

Cet effet de pseudoscopie résulte du renversement des images dans les deux compartiments de la chambre noire, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte.

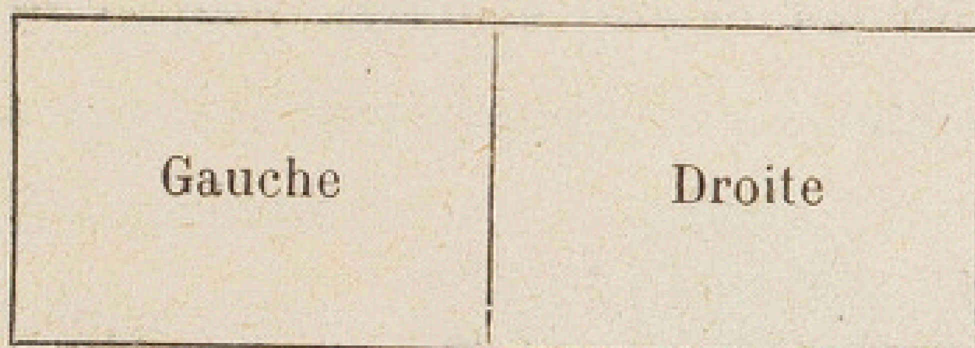
Chacun des deux objectifs fournit une image renversée que nous pouvons figurer de la manière suivante :



Si nous retournons ce cliché sens dessus dessous, afin de voir les images dans leur position normale, nous remarquons que l'image produite par l'objectif de droite se trouve placée à gauche, et vice versa :



Pour rétablir le relief réel, il est nécessaire de couper la plaque par le milieu et de transposer les images, afin que chacune soit à la place voulue :



C'est ce que l'on a soin de faire, dans les méthodes stéréoscopiques habituelles, où l'image qui se trouvait primitivement à gauche de la double épreuve est montée à droite du stéréogramme, et réciproquement. Il convient cependant de signaler divers moyens, d'ailleurs peu usités, d'éviter la transposition.

On peut combiner l'appareil de prise de vues de manière à intervertir les clichés. Il suffit pour cela de placer devant chaque objectif un prisme ou un miroir ; seulement, cette solution a l'inconvénient de compliquer la chambre noire, de la rendre plus lourde et de prolonger la pose, à cause de la lumière absorbée. Nous avons déjà signalé d'autres dispositions qui dispensent de l'inversion : le stéréotéléphot, et, d'une façon générale, les appareils dans lesquels les rayons lumineux sont réfléchis.

On peut aussi utiliser telle quelle une épreuve obtenue à l'aide d'un appareil stéréophotographique ordinaire, et éviter l'effet pseudoscopique en l'examinant dans un stéréoscope spécial, tel que le *Stéréoredresseur* de Richard (fig. 80). Derrière chacun des oculaires, un prisme en forme de tétraèdre et un prisme à réflexion totale ont pour effet de produire le redressement latéral des images.

En regardant un cliché stéréoscopique non transposé, du côté gélatine, l'image apparaît à l'endroit et en relief vrai ; les inscriptions sont également rerdessées. Les oculaires, montés sur plaques mobiles, peuvent être réglés à l'écartement des yeux. Une crémaillère de mise au point permet d'adapter l'instrument à toutes les vues.

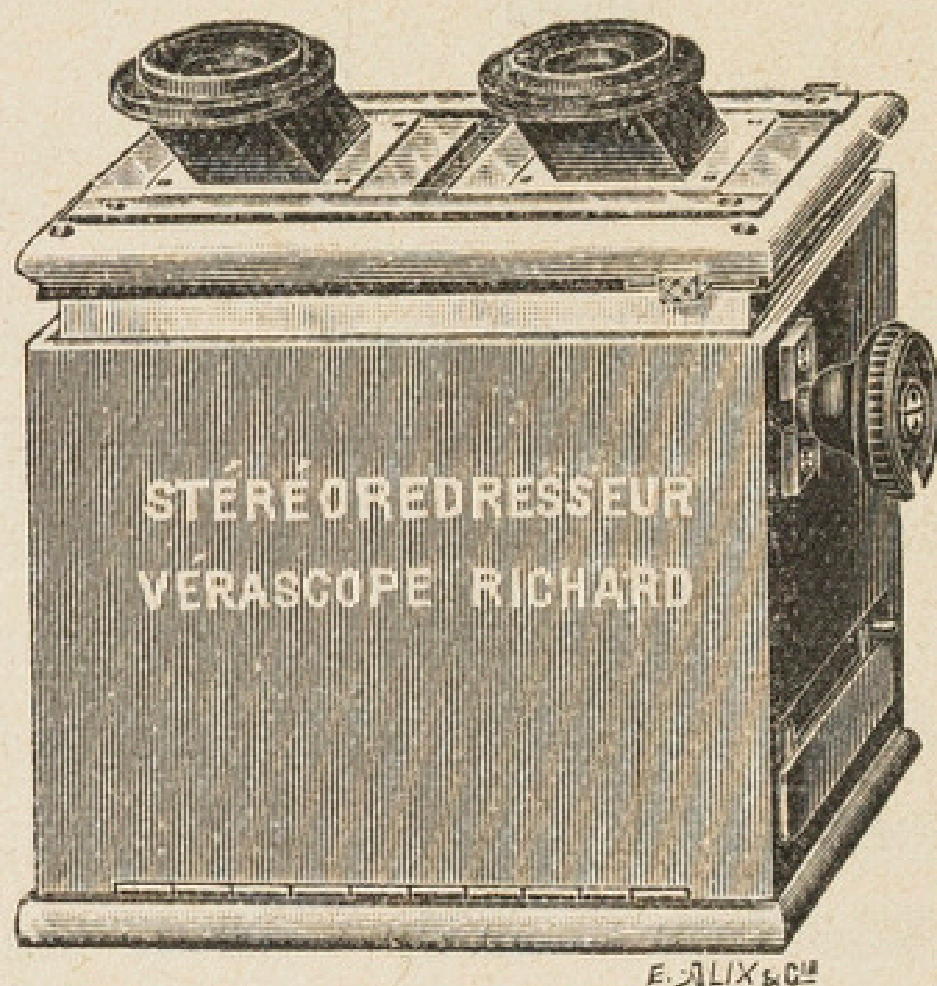


FIG. 80. — Stéréoredresseur.

On évite également la transposition en examinant les images par croisement des axes optiques, à l'aide du dispositif très simple représenté par la figure 31.

Dans la généralité des cas, on se sert d'appareils et de stéréoscopes qui exigent la transposition des images. Si l'on doit tirer un grand nombre de positifs du même cliché, le mieux est de transposer les deux images négatives, de manière à ne pas compliquer le tirage. On coupe donc le cliché par le milieu et on place à droite la moitié qui se trouvait auparavant à gauche. Afin d'assembler ces deux moitiés en un tout rigide, on les double d'une plaque de verre de mêmes dimensions. Contrairement au doublage des diapositifs, ce verre-support sera appliqué contre le côté verre du cliché, et non pas contre la géla-

tine, qui doit être en contact avec les surfaces sensibles positives. La couche sera protégée par un vernis, d'autant plus nécessaire en pareil cas qu'il s'agit d'un tirage important. Les verres seront maintenus l'un contre l'autre par des bandes de papier que l'on collera tout autour.

Le verre support n'est pas nécessaire, si le cliché coupé est d'un format inférieur au 6 × 13 : dans ce cas en effet, il existe un intervalle entre les deux images, que l'on peut placer au milieu de deux évidements pratiqués dans une feuille de carton de la même épaisseur que le verre. La distance qui sépare les centres des évidements doit être égale à celle des yeux, soit 65 à 70 millimètres. On y place les deux petits négatifs, que l'on assujettit au moyen de petites bandes de papier, qui doivent empiéter le moins possible sur les images.

Un grand nombre de stéréogrammes exigent la suppression d'une partie des images, si l'on tient à avoir le meilleur effet possible. Au lieu de s'astreindre pour chaque épreuve à un découpage minutieux et délicat, on peut profiter de la transposition du phototype pour régler la disposition des images. Rien n'empêchera alors d'apporter tout le soin voulu à cette opération, qui sera ainsi effectuée une fois pour toutes. Les points homologues doivent être à 70 millimètres pour les lointains, à 66 millimètres pour le premier plan. On choisit d'abord, au premier plan et à la partie inférieure de l'une des images un point C (fig. 81), et on y place une règle

que l'on applique également sur le point homologué C'. On détermine ainsi le sens de la coupure horizontale, soit qu'on la fasse coïncider avec la ligne CC', soit qu'on rogne la plaque ou plus haut ou plus bas, mais toujours

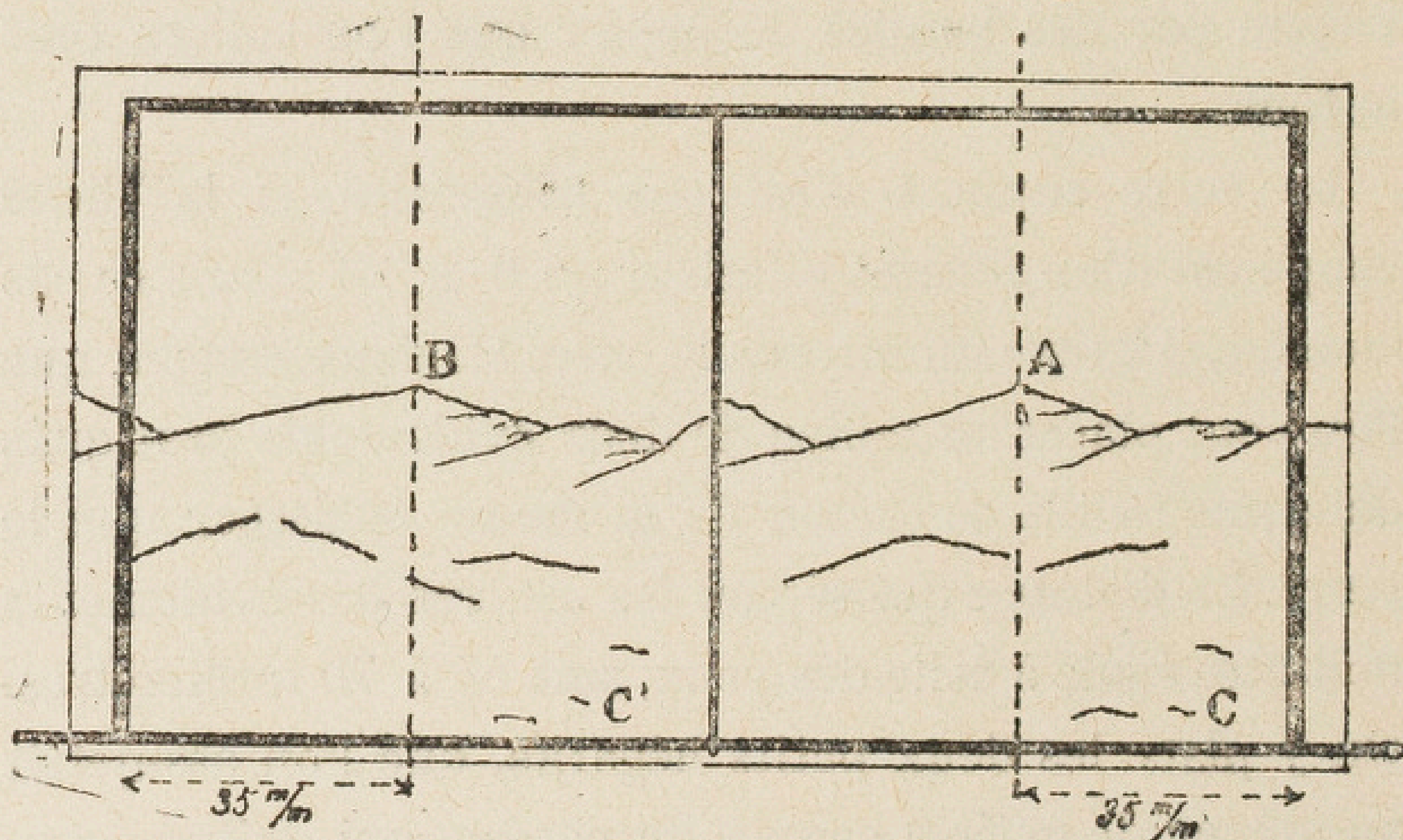


Fig. 81. — Découpage d'une épreuve stéréoscopique.

parallèlement à cette ligne. On choisit ensuite un point très éloigné, le sommet A, par exemple, on exécute la coupe verticale à une certaine distance, 35 millimètres, par exemple, à partir de ce point, et l'on en fait autant sur le côté gauche, à pareille distance de B, homologue de A. Ces indications s'appliquent également au découpage des positifs.

Pour couper le cliché sans risquer d'abîmer ou de décoller la gélatine, il faut appliquer le verre sur une feuille de papier blanc et donner d'abord suivant la ligne de séparation des deux images un trait de canif

coupant la gélatine. De chaque côté de ce trait, et à une distance de 1 à 2 millimètres, on pratique une autre incision pénétrant jusqu'au verre. On retourne ensuite la plaque verre en dessus, et l'on donne le trait de diamant de façon qu'il coïncide autant que possible avec le premier tracé du canif. Le soulèvement de la gélatine qui se produit au moment de la rupture du verre s'arrêtera au trait de droite ou à celui de gauche, sans endommager les images.

La figure 82 représente un appareil très commode

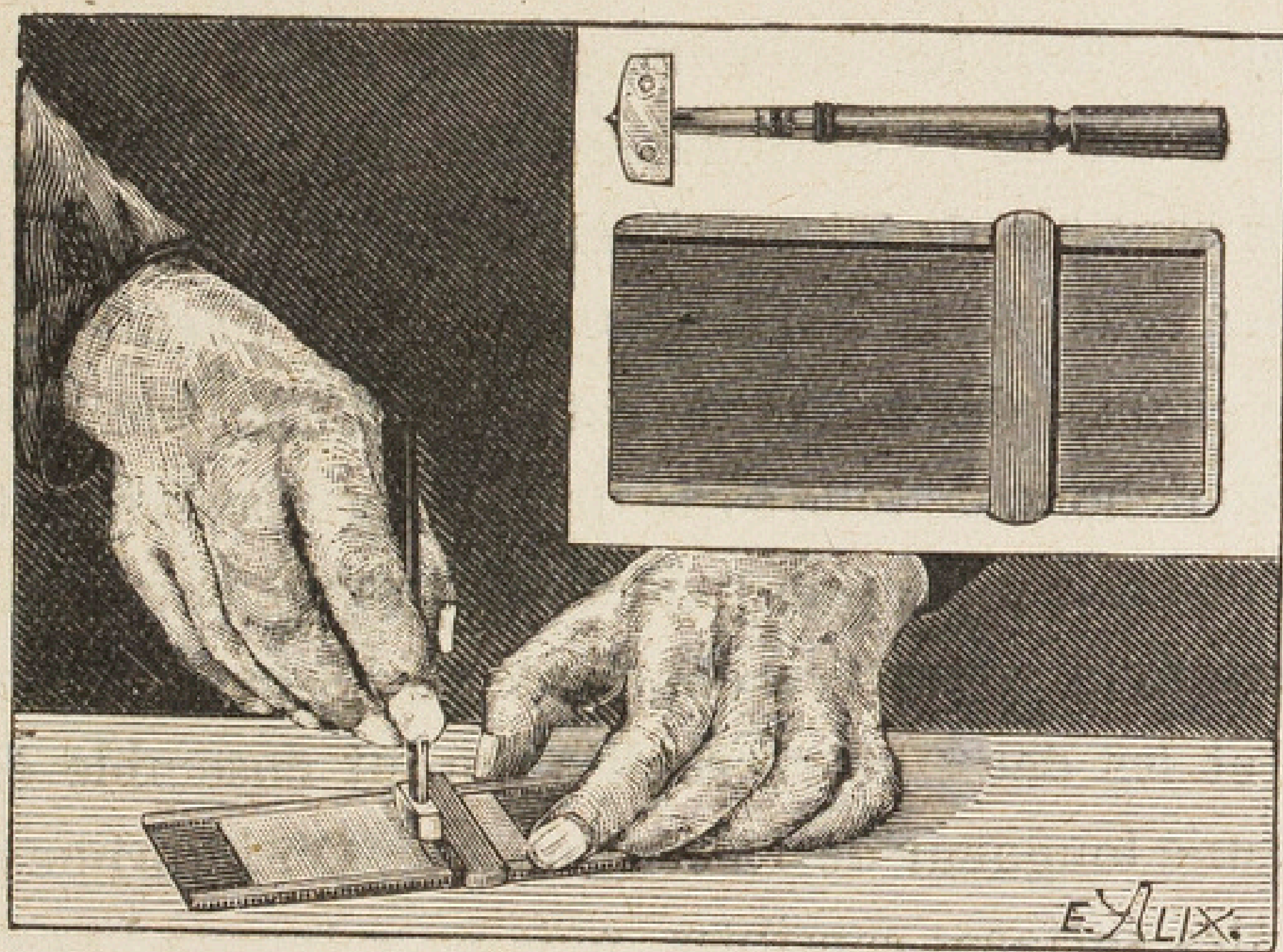


Fig. 82. — Appareil servant à couper les négatifs.

pour couper exactement les négatifs aux dimensions voulues. La plaque est placée dans un cadre surmonté d'une règle transversale le long de laquelle on fait glisser le sabot du diamant.

Le plus souvent, l'amateur, qui n'a qu'un nombre restreint de positifs à tirer de chaque phototype, préfère exécuter l'inversion au tirage, ce qui d'ailleurs n'offre aucune difficulté.

Si le stéréogramme est exécuté sur papier, on coupe la double épreuve par le milieu, et on colle sur la moitié droite du carton l'image qui se trouvait d'abord à gauche, et réciproquement. On peut même procéder d'une manière encore plus simple, lorsqu'on a à tirer du même cliché un nombre pair d'épreuves, en utilisant un artifice très ingénieux, dû à Ennel. Supposons que la plaque portant les deux images négatives ait une longueur totale de 13 centimètres. On prend une bande de papier sensible de 26 centimètres de longueur et d'une largeur égale à la hauteur des images négatives. On replie chacun des bouts de cette bande, la surface sensible en dehors, de telle sorte que les bords se rencontrent au milieu. Le milieu du papier ainsi replié sur lui-même présentera une surface continue de 13 centimètres de long, et les deux bouts repliés auront ensemble également une longueur de 13 centimètres. On imprime alors l'une des surfaces sensibles, puis on retourne le papier, et l'on imprime l'autre. Ces deux impressions terminées, la bande est virée (ou développée), fixée, lavée et séchée. On a ainsi, sur cette feuille de 26 centimètres, deux stéréogrammes complets, constitués par quatre images qui se trouvent juxtaposées deux par deux dans la position voulue pour l'examen binoculaire. On n'a plus qu'à cou-

per le papier par le milieu, afin de séparer les deux couples stéréoscopiques.

Les diapositifs stéréoscopiques sont tirés, le plus souvent, à l'aide d'un châssis spécial, qui permet de transposer les images sans couper les plaques.

Le châssis transposeur (fig. 83) est constitué par une boîte plate dont la longueur intérieure dépasse d'au moins un tiers la longueur des plaques que l'on emploie. Le couvercle porte, à l'intérieur, une ou deux lames élastiques destinées à serrer l'un contre l'autre le cliché et la plaque positive, gélatine contre gélatine ; la face opposée, contre laquelle est appliqué le négatif est percée d'une ouverture rectangulaire, de la dimension de chacune des images stéréoscopiques ; cette ouverture est masquée par une lame opaque à coulisse.

Pour effectuer le tirage, on applique le négatif, gélatine en dessus, contre le fond du châssis, de façon que l'une des deux images, celle de gauche, par exemple, soit juste en face de l'ouverture, et l'on y applique la plaque positive, gélatine en dessous, de façon que son extrémité de droite soit en face de l'ouverture et, par conséquent, contre le côté gauche du cliché. On ferme le châssis, on le porte au jour ou devant une lampe, et l'on ouvre la lucarne à coulisse. Cette première impression effectuée, on rapporte le châssis à l'abri de la lumière actinique, on l'ouvre et l'on fait glisser les deux plaques de manière à amener en regard de l'ouverture l'image droite du cliché et l'extrémité gauche du positif. On

expose de nouveau à la lumière et on développe la double image suivant les procédés habituels.

Le châssis transposeur de M. Marteau (fig. 83) s'adapte à tous les formats stéréoscopiques et permet de régler très exactement la disposition des stéréogrammes. A cet

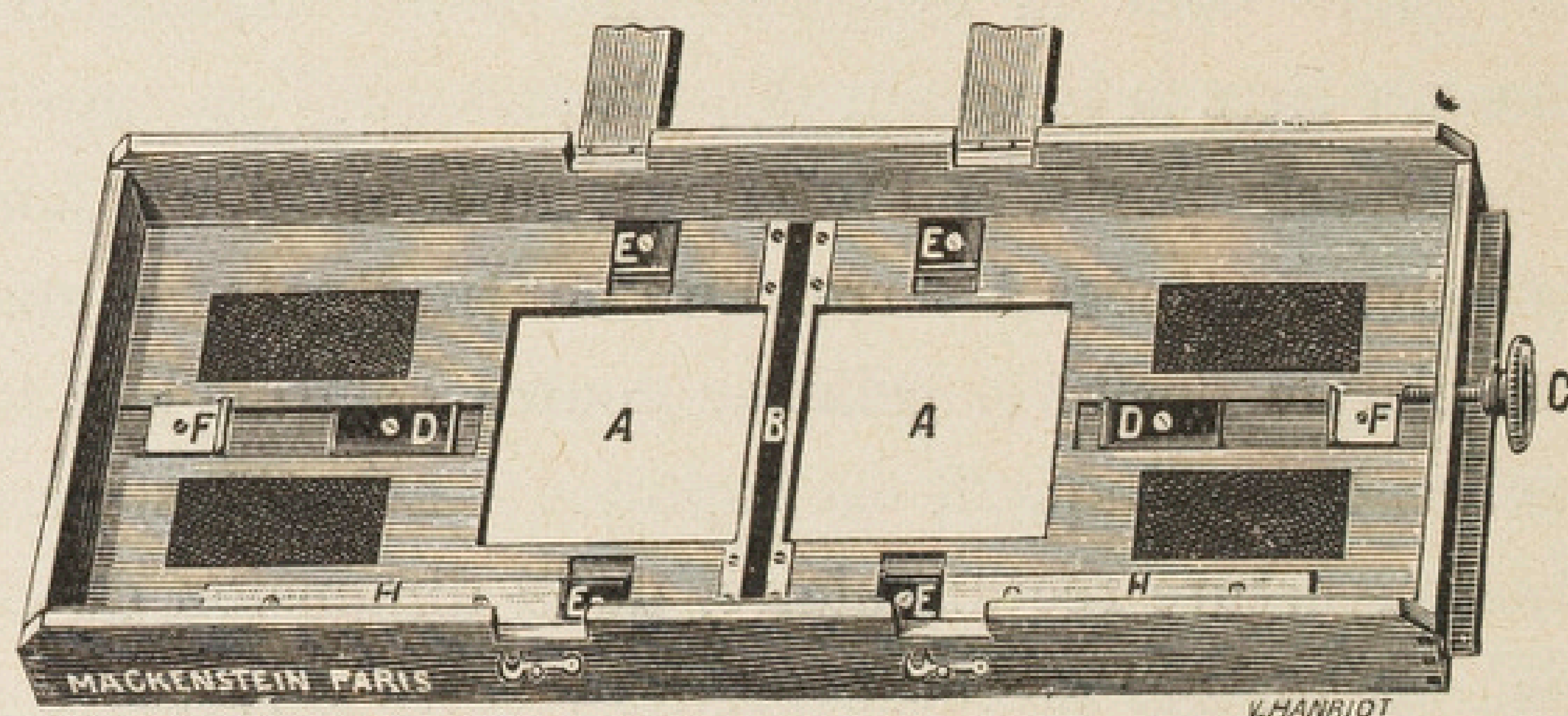


Fig. 83. — Châssis transposeur Marteau.

effet, il suffit de présenter le négatif devant la fenêtre A de gauche, d'y faire apparaître la partie de l'image qu'on désire reproduire en positif, puis, maintenant le cliché avec le pouce gauche, on fait de la main droite jouer la vis de rappel C, jusqu'à ce que la fenêtre de droite donne une image semblable, aux arrière-plans, et, avec les quatre griffes E et les deux griffes D, on fixe le négatif en hauteur et en largeur. Entre les deux fenêtres s'est déployée une toile opaque B, qui s'enroule automatiquement sur un petit tambour : c'est tout, pour le négatif.

Pour le positif, les glissières H ont été réglées suivant la largeur des plaques diapositives à employer, de façon à laisser, en haut et en bas, la marge qui convient. Les buttoirs F ont été réglés à une distance du bord le plus proche de chaque fenêtre à la moitié de la plaque positive, si on veut juxtaposer les images sans aucun intervalle, ou égale à la moitié plus 2 millimètres, si on veut les séparer par un intervalle de 4 millimètres, suivant une décision d'ailleurs peu justifiée du Congrès de Bruxelles.

Tant qu'on opère avec des plaques positives de mêmes dimensions, il n'y a plus à toucher aux glissières H et aux buttoirs F. On n'aura à modifier l'écartement des fenêtres qu'autant qu'auront varié sensiblement les conditions dans lesquelles auront été pris les clichés successifs. Il n'y a que les griffes E et D à modifier avec chaque cliché.

L'*automatic-inverseur* Chauvelon-Richard (fig. 84) est un châssis transposeur combiné avec la source lumineuse nécessaire à l'impression des diapositifs et avec un chronographe.

La source lumineuse est constituée par une lampe électrique ou à défaut, par un bec de gaz ou une lampe à pétrole. Des tirettes manœuvrées à l'aide de boutons disposés sur les côtés du châssis permettent de déplacer les plaques pour amener successivement le côté droit du positif sur le côté gauche du négatif et inversement. Elles sont d'ailleurs disposées de manière à écarter les

plaques l'une de l'autre pendant qu'on les déplace, et à les laisser venir en contact quand le mouvement de déplacement est terminé.

Le chronographe porte une aiguille qui se déplace

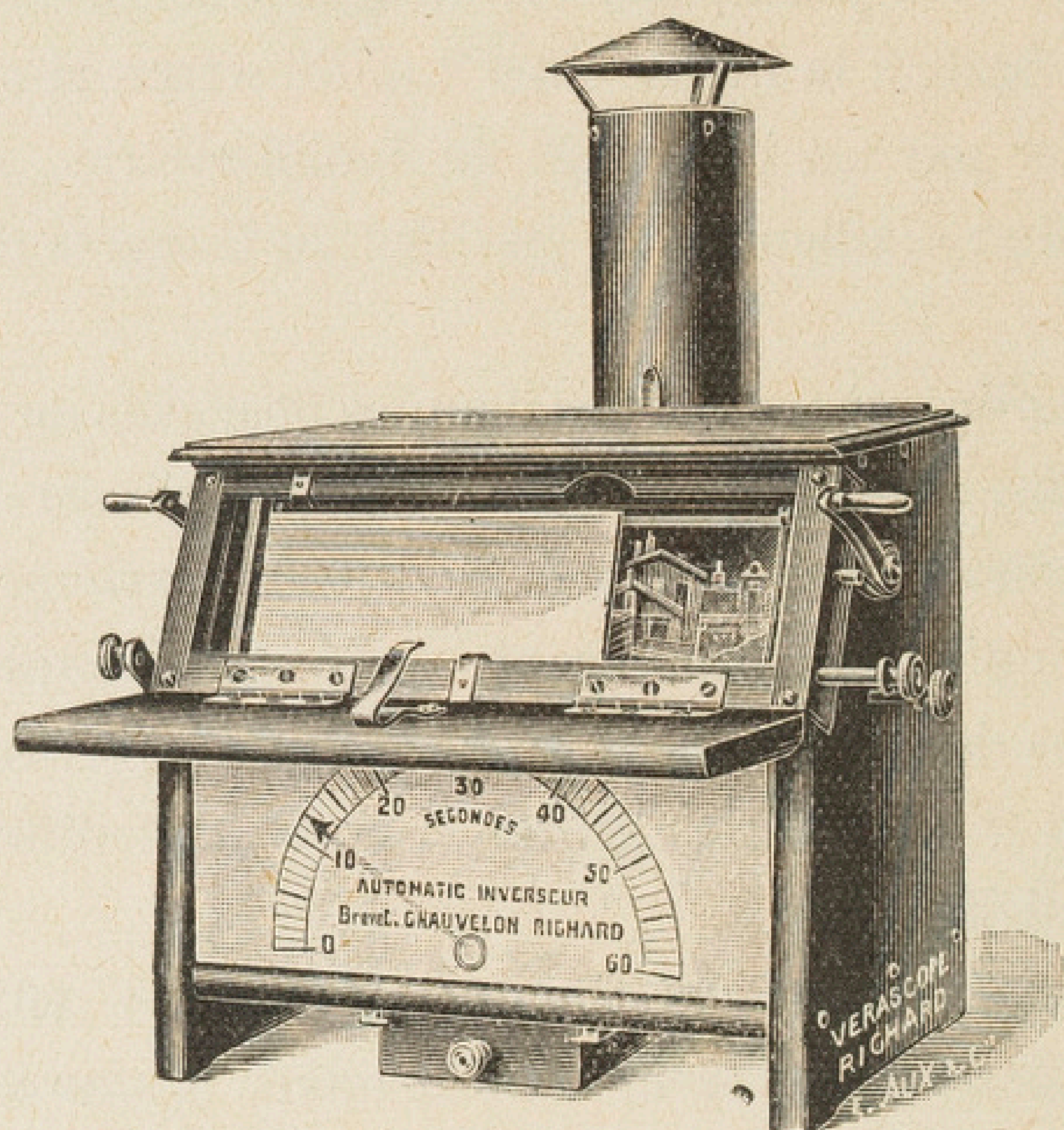


Fig. 84. — Automatic-inverseur.

sur un cadran lumineux à larges divisions. L'index part automatiquement de zéro au commencement de l'exposition de chaque image et retombe à zéro après l'impression, de sorte qu'il est très facile d'assurer la même durée d'exposition aux deux moitiés du stéréogramme.

Le verre jaune qui recouvre le cadran permet de surveiller le développement des diapositifs.

Les châssis transposeurs permettent bien d'éliminer les parties inutiles du phototype, en interposant des bandes de papier noir, et de ne garder de l'image primitive que ce qui est intéressant. Mais les reproductions obtenues de la sorte ont invariablement les mêmes dimensions que le cliché. Or, si la photographie a été prise avec un foyer inférieur à la distance nécessaire pour procurer la sensation du relief en grandeur naturelle, il faut agrandir le stéréogramme jusqu'à la taille nécessaire pour rétablir la vision naturelle. On devra, au contraire, le réduire, si le tirage de la chambre noire était trop grand. Ces conditions sont facilement réalisables avec un appareil de tirage constitué par une chambre stéréoscopique, qui permet d'effectuer directement le tirage inversé des diapositifs, à taille égale, réduits ou agrandis.

Quand les deux clichés qui constituent le stéréogramme ont été pris sur deux plaques distinctes, il peut arriver, une fois les opérations terminées, que l'on hésite sur les positions respectives qu'elles doivent occuper. Pour savoir à quoi s'en tenir, il suffit de superposer les deux clichés, le côté verre en dessous, de manière à repérer exactement les images, opération très simple en cherchant ce repérage par transparence, au centre du sujet : le négatif qui dépasse à gauche l'autre par l'un de ses bords doit être placé à gauche dans le châssis-presse, et *vice versa.*

5. — Stéréogrammes sur papier

Sans égaler les vues stéréoscopiques sur verre, les épreuves tirées sur papier donnent d'excellentes images, du moins avec les grands formats, à partir du 6 × 13. Ces stéréogrammes, par leur légèreté et leur résistance aux chocs, se prêtent mieux que les diapositifs sur verre aux échanges, à la confection d'albums dits de circulation.

Le stéréoscope à lentilles grossissant toujours plus ou moins les images, il faut éviter l'emploi des papiers rugueux ; il faut aussi renoncer aux tirages pigmentaires donnant à la photocopie une structure granulaire qui deviendrait choquante une fois amplifiée : c'est le cas des impressions à la gomme bichromatée ou à l'encre grasse suivant la méthode Rawlins. Il convient également d'écarter les papiers à couche très brillante : ils fournissent, il est vrai, des épreuves remarquablement détaillées ; seulement, leur surface miroitante donne presque toujours lieu à des reflets gênants pour l'examen binoculaire. Le mieux est de faire usage d'un papier mat, mais lisse.

Un grand nombre de vues stéréoscopiques que l'on trouve dans le commerce sont tirées sur papier albuminé demi-brillant. On obtient des résultats équivalents avec les papiers à la celloïdine. Le débutant préfère générale-

ment s'en tenir au gélatinochlorure (papier au citrate ou aristotype) qui donne, par simple virage-fixage, des épreuves peu stables, mais de tonalités agréables. La platinotypie est un procédé notablement plus coûteux, mais peu compliqué et dont on obtient de superbes reproductions indélébiles. Le papier au bromure a pour principal avantage la rapidité du tirage ; par contre, il produit difficilement des noirs à la fois profonds, transparents et bien détaillés.

Le tirage au châssis transposeur n'est pratique qu'avec les papiers au gélatinobromure ; les papiers à image apparente (albumine, citrate, celloïdine, platine) seront tirés en une seule impression, et les deux images juxtaposées ainsi imprimées simultanément seront transposées soit par la méthode Ennel, soit par coupure et montage interverti.

Les épreuves sont coupées aux dimensions voulues, au moyen d'un calibre (fig. 85) constitué par une glace dépolie que l'on applique sur chaque image et sur les bords de laquelle on passe un canif bien aiguisé (fig. 86). Le calibrage doit être exécuté avec soin, sans quoi le montage est défectueux et l'examen binoculaire fatigant. On fera en sorte que les homologues des objets les plus éloignés soient distants de 65 à 70 millimètres.

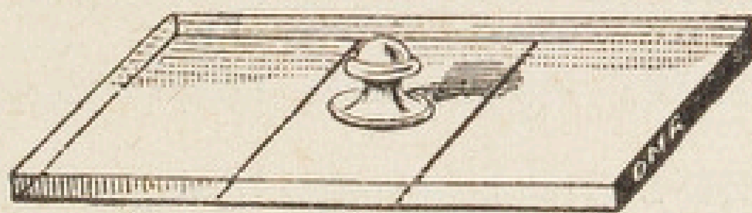


Fig. 85. — Calibre stéréoscopique.

M. J. Bois a signalé un artifice très heureux, qui aug-

mente l'illusion et rend plus agréable l'examen stéréoscopique. Il recommande de ne conserver que les parties des deux épreuves qui possèdent des points homologues, et de sacrifier le reste, et même un peu plus. En rognant ainsi chaque bord, ou en le masquant par des caches en papier noir, on aperçoit dans le stéréoscope un encadrement qui semble projeté en avant et qui produit l'illusion d'un sujet aperçu à travers une fenêtre d'un appartement peu éclairé.

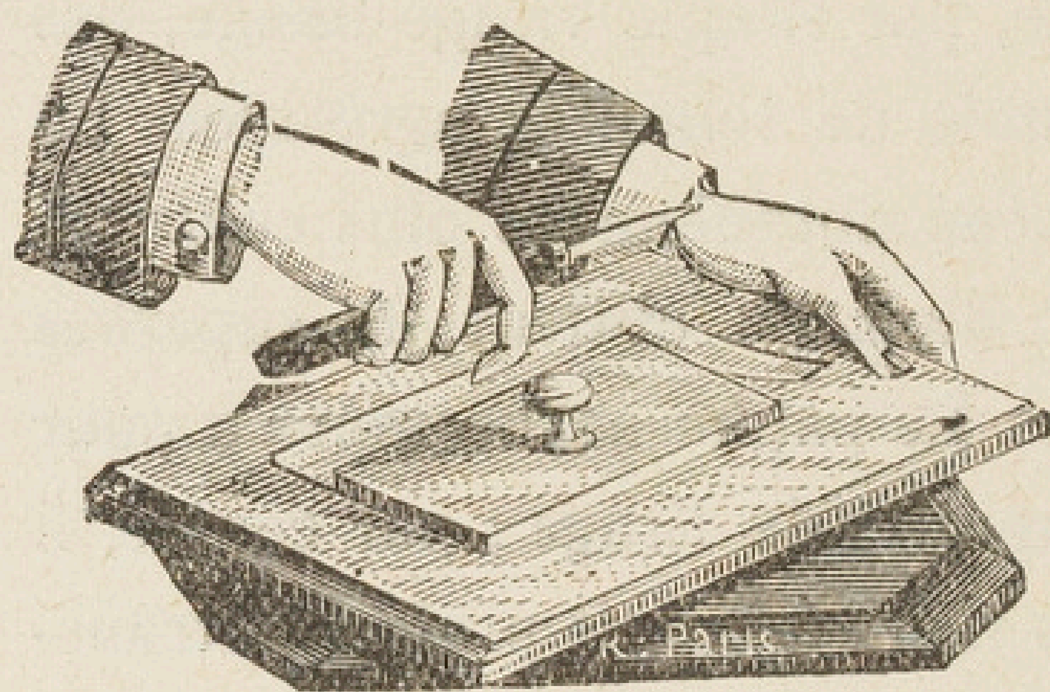


Fig. 86. Calibrage.

Le format stéréoscopique n'a rien d'immuable. Un Congrès a bien fixé les dimensions de l'image à 7 × 7, parce qu'il fallait — ou du moins on le croyait — décréter quelque chose à ce sujet. Mais rien n'oblige à s'emprisonner dans des limites aussi étroites, et les amateurs s'en sont depuis longtemps affranchis.

Il existe de très beaux stéréogrammes dans les formats courants ; il y a de véritables chefs-d'œuvre dans des formats de fantaisie, ou plutôt en harmonie avec le sujet. Ainsi, les sujets qui doivent donner une impression de hauteur, comme un pic élevé, un clocher gothique un arbre isolé, etc., seront mieux rendus si l'on diminue la largeur des images ; tandis qu'une impression d'es-

pace, de vaste étendue, exigera qu'on utilise toute la largeur disponible et qu'on sacrifie un peu de la hauteur : ce sera le cas, notamment, pour les marines.

Pour donner aux épreuves le maximum d'éclat, on les montera sur un carton noir, qui évitera l'emploi des caches du commerce. Ceux-ci correspondent à un écart d'homologues de 75 millimètres, qui fait paraître au stéréoscope le sujet en avant de la fenêtre, au lieu de le montrer, comme il conviendrait, en arrière.

Les vues stéréoscopiques sur papier sont quelquefois insérées entre deux cartons ajourés chacun d'une double fenêtre. L'épreuve peut alors être examinée par transparence et coloriée au verso. Elle se prête aussi à certains effets, à des rehauts de lumière, obtenus en perçant d'une aiguille les points brillants, tels que reflets métalliques, cristaux, sources lumineuses, etc.

6. — **Diapositifs**

Aucune épreuve sur papier ne vaut un diapositif sur verre. L'image vue par transparence reproduit les moindres détails du cliché ; elle en rend fidèlement toutes les demi-teintes, et elle a bien plus d'éclat que la meilleure photocopie examinée par réflexion sur un support opaque. Le tirage sur verre est même indispensable pour les petits formats, sous peine de perdre une foule de détails.

Les plaques au gélatinobromure *lentes* peuvent être

employées au tirage des stéréogrammes positifs ; cependant, on se sert plus généralement de plaques spéciales, au chloro-bromure, dont le grain est plus fin que celui des émulsions au gélatinobromure. On trouve dans le commerce des plaques diapositives à tons noirs et des plaques à tons chauds, avec lesquelles on obtient une gamme très étendue de teintes, en faisant varier la durée de l'exposition à la lumière et du développement. Cette durée, ainsi que la formule du révélateur, diffèrent suivant la provenance des émulsions. A titre d'exemple, nous indiquerons sommairement le mode d'emploi des plaques Lumière.

Les plaques à tons noirs sont assez sensibles pour qu'il soit nécessaire de ne les manipuler qu'en lumière rouge ou verte. Sous un cliché de densité moyenne, à 50 centimètres d'un bec de gaz papillon, la durée du tirage est d'environ 5 secondes. Le révélateur particulièrement recommandé par les fabricants est le diamidophénol. Le ton obtenu est un beau noir bleuté ; il a seulement l'inconvénient de provoquer facilement la formation de l'effet de neige, et c'est pourquoi certains opérateurs préfèrent le révélateur au glycin, qui donne un ton sépia. Quel que soit d'ailleurs le ton obtenu, on peut le modifier par un virage.

Les plaques à tons chauds sont assez lentes pour être manipulées à la clarté d'une lampe ordinaire. Leur émulsion supporte d'énormes écarts de pose, mais la couleur de l'image varie suivant son degré d'impression.

Supposons, par exemple, que l'on fasse brûler 6 centimètres de ruban de magnésium de 2,5 millimètres de largeur, devant un cliché de densité moyenne : si le châssis est placé à 30 centimètres du foyer lumineux, on obtiendra un ton sépia chaud ; si on le rapproche davantage, les tons deviendront de plus en plus chauds, jusqu'aux tons sanguine et orangé ; si on l'éloigne, au contraire, la nuance tendra au vert. Il n'en sera, du moins, ainsi qu'à la condition d'employer le révélateur suivant, dont la formule ne doit pas être modifiée :

Eau	1.000 cc.
Hydroquinone	10 gr.
Sulfite de soude anhydre	50 —
Carbonate de potasse pur sec	2 —
Bromure de potassium à 10 %	10 cc.

Le développement dure de 4 à 10 minutes. Le fixage s'effectue comme avec les plaques ordinaires ; cependant, il faut éviter d'employer une solution d'hyposulfite déjà utilisée pour fixer des clichés négatifs ; on se servira, autant que possible, de solutions fraîches.

Si le diapositif paraît, après le fixage, trop opaque ou trop transparent, on pourra l'affaiblir ou le renforcer, comme on le fait pour les négatifs, bien que les correctifs modifient le ton de l'image.

On ne juge bien de la nuance définitive qu'après le séchage de la plaque ; si l'on s'aperçoit alors qu'elle est défectueuse ou ne s'harmonise pas avec le sujet, il est facile de la modifier par virage.

Généralement, on préfère le ton noir pour les marines, les effets de nuages ou de neige, les reproductions de marbres ; les tons violacés pour les crépuscules ; les tons verts pour les sous-bois, les flaques d'eau ; les tons mordorés pour les feuillages d'automne ; les tons sépia pour les montagnes, les rochers, les monuments.

Le ton violacé est obtenu par le virage aux sels d'or. Il suffit de plonger le diapositif, pendant quelques minutes, dans un bain de virage-fixage pour papier au citrate. Un lavage soigné élimine ensuite l'hyposulfite.

Les autres tons peuvent être réalisés au moyen de virages spéciaux que l'on trouve tout préparés, mais qu'il est facile de combiner soi-même à l'aide des solutions suivantes :

A.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	1 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Acide azotique	0 gr. 5
	Azotate d'urane	1 —
C.	Eau	100 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	1 gr.
D.	Eau	100 cc.
	Molybdate d'ammoniaque	1 gr.
	Acide azotique	1 goutte

Ces solutions sont mélangées en proportions variables, suivant la teinte que l'on désire obtenir :

Teintes	Sol. A	Sol. B	Sol. C	Sol. D
Sépia	50 cc.	100 cc.		
Brun-rouge	50 —	70 —		
Rouge vif	50 —	50 —		
Vermillon	50 —	40 —		
Bleu	50 —		75 cc.	
Vert-bleu	50 —	15 —	75 —	
Vert olive	50 —	30 —	50 —	
Vert pur	50 —	50 —	50 —	
Brun sépia	40 —			50 cc.

On termine par un lavage dans de l'eau acidulée par quelques gouttes de vinaigre, puis à l'eau claire pendant au moins dix minutes.

L'exécution des diapositifs exige beaucoup de soins, d'attention et de propreté, lorsqu'on tient à avoir des stéréogrammes irréprochables. La couche sensible est délicate, et il faut éviter la moindre éraflure pendant les opérations. Le séchage s'effectuera à l'abri des poussières, qui s'attachent facilement à la gélatine.

Dès que la couche est sèche, il est utile de procéder au montage qui la préservera des rayures. La plaque est posée à plat, gélatine en dessus ; on enlève au blaireau toute trace de poussière, on place un cache noir dont les ouvertures délimitent les deux éléments du stéréogramme, on double d'un verre bien propre, et l'on assujettit le tout avec une bande de papier noir.

Le cache emprisonné entre les deux verres est aux diapositifs ce que le cadre est à un tableau. En stéréoscopie, particulièrement, il augmente de beaucoup la valeur des images, s'il est bien établi, en accentuant le

relief. En principe, les ouvertures du cache doivent être disposées de façon que la distance entre les marges latérales soit égale à celle des homologues des premiers plans, afin que les deux images soient limitées par les mêmes points du sujet. Sans cette condition, les objets représentés sur une seule des images resteraient dépourvus de relief. Cependant, il est préférable de tenir la distance des marges 1 ou 2 millimètres plus courte que celle qui sépare les homologues des premiers plans : alors, le cache paraîtra un peu en avant des premiers plans, donnant l'illusion d'un sujet vu à travers la fenêtre d'une pièce restée dans l'ombre. M. V. Crémier utilise des caches 6 × 13 ayant des ouvertures de 53 millimètres de haut sur 55 de large, séparées par un intervalle de 7 millimètres, sur lequel il inscrit le titre du sujet. La distance d'une marge à l'autre est ainsi portée à 62 millimètres seulement.

Pour écrire sur le papier noir les indications relatives au sujet représenté, il existe des encres blanches spéciales. Cependant, on préfère généralement coller une petite étiquette blanche, sur laquelle on écrit à l'encre noire. L'amateur qui ne posséderait qu'un talent insuffisant de calligraphe fera bien d'avoir recours à la machine à écrire : ce sera plus net, plus propre, plus présentable.

Dans les stéréoscopes classeurs, les titres sont généralement lisibles par transparence. A cet effet, on commence par écrire sur un petit morceau de papier à calquer avec une encre noire très opaque, et on colle cette



Fig. 87. — Titre transparent sur fond noir.

étiquette transparente au milieu d'une plaque de verre d'un format au moins égal à celui des diapositifs. On colle également sur cette plaque une feuille de papier noir percée d'une ouverture rectangulaire ne laissant voir que l'inscription. On a ainsi un cliché à l'aide duquel on imprime le titre, en y appliquant la plaque positive, repérée de telle sorte que l'inscription coïncide avec l'intervalle laissé entre les deux éléments du stéréogramme ; les deux plaques étant ainsi placées l'une contre l'autre dans un châssis-presse, il suffit de les exposer un instant à la lumière pour que le révélateur fasse apparaître, en même temps que les images, le titre du sujet.

Pour faciliter l'application des bandes de papier noir dont on entoure le diapositif et son verre protecteur, afin de les maintenir solidement assemblés et d'éviter la pénétration des poussières, on construit des appareils à border. Les deux plaques sont serrées entre deux tampons poussés l'un contre l'autre par un ressort et fixés à deux arbres mobiles, de sorte que le stéréogramme peut être aisément amené à la position la plus commode pour le bordage.

Les bandes d'encadrement sont en papier noir gommé; on peut aussi se servir d'un papier quelconque enduit de colle de pâte. Cependant, ce mode de montage n'est pas sans inconvénient, car l'humidité produite par l'évaporation de l'eau risque d'altérer la gélatine. Pour éviter cet accident, MM. Lumière préparent des bandes recou-

vertes d'un enduit très adhésif et fusible à une température peu élevée. Ces bandes présentent deux rainures parallèles dont la distance est égale à l'épaisseur ordinaire de deux plaques de verre, ce qui permet de faire une sorte de gaine en U, qu'on applique sur la tranche du stéréogramme, en pressant légèrement entre le pouce et l'index. On achève de produire l'adhérence complète, en serrant la bande contre les verres, à l'aide d'une pince

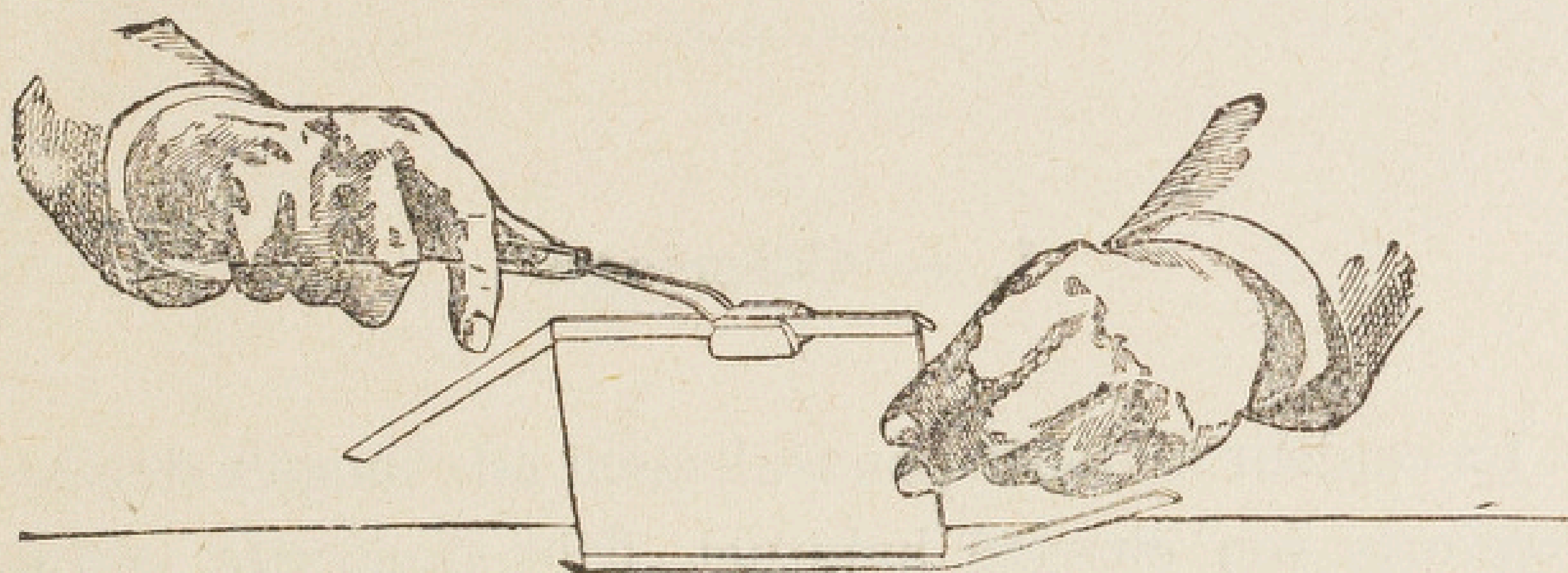


Fig. 88. — Bordage à sec.

spéciale dont les deux mors sont à déplacement parallèle et qui a été préalablement chauffée, sur une lampe à alcool, à environ 80 degrés (fig. 88).

On fabrique aussi des montures en métal mince, qui remplissent à la fois les fonctions de cache et de bordage.

CHAPITRE IV

LA STÉRÉOSCOPIE EN COULEURS

1. — Coloriage

La couleur n'ajoute pas seulement aux images stéréoscopiques son charme habituel. Elle augmente encore l'illusion de la réalité, qui est le but même de la vision binoculaire. Avec le relief et la couleur, c'est comme si l'on avait sous les yeux les objets eux-mêmes et non pas leurs images.

Aussi, avant qu'on eût trouvé des méthodes pratiques pour reproduire photographiquement les couleurs réelles, les éditeurs de vues stéréoscopiques vendaient des images coloriées, qui avaient eu un certain succès, malgré toutes leurs imperfections. Actuellement, on peut dire qu'en ce qui concerne la stéréoscopie, le problème de la photographie des couleurs est complètement résolu, et d'une façon très satisfaisante, par l'autochromie. Les procédés de mise en couleurs et les méthodes

trichromes par superposition elles-mêmes n'offrent donc plus qu'un intérêt rétrospectif, et il suffira de leur consacrer une très brève analyse.

On ne colorie pas, en général, les épreuves visibles par réflexion sur un support opaque, parce que les images examinées de la sorte sont loin d'avoir l'éclat des diapositifs. Cependant, on met en couleurs des épreuves sur papier, que l'on a soin de monter entre deux cartons évidés qui permettent de les examiner par transparence.

Les couleurs employées dans ce but sont des couleurs d'aquarelle ou des colorants d'aniline en solutions aqueuses. Dans l'un et l'autre cas, on les applique, non pas directement sur la couche photographique, mais au dos. La couleur est passée sur le papier en larges teintes plates, sans trop se soucier de suivre minutieusement les contours des objets. Malgré ce défaut de précision, il est rare que l'aspect du stéréogramme soit désagréable, car les irrégularités du coloriage ne sont pas les mêmes sur l'image de droite et sur celle de gauche : elles se compensent, jusqu'à un certain point, de manière à former un ensemble presque toujours satisfaisant. Ce mode d'enluminure est généralement complété par l'avivage des principales lumières ; on perce le papier çà et là, à l'aide d'une aiguille, comme nous l'avons déjà expliqué au chapitre précédent, ou bien on applique au pinceau une très faible quantité d'huile ou d'un vernis à l'alcool qui pénètre dans la pâte du papier et le rend diaphane. Enfin, pour adoucir tout

ce que cette mise à l'effet pourrait avoir d'excessif, on double l'épreuve d'une feuille de papier mince qui diffuse la lumière. Néanmoins, ce procédé ne saurait fournir des résultats comparables à ceux que l'on obtient avec les diapositifs sur verre.

D'abord, la teinture uniforme de la gélatine et le virage de l'image argentique permettent souvent, par une tonalité appropriée au sujet, d'arriver à des effets très variés et très intéressants. D'autre part, le coloris habilement appliqué donne au diapositif un éclat tout particulier. On se sert pour cela de colorants solubles dans l'eau, que l'on applique sur la gélatine, en teintes plates et sans se préoccuper du modelé, qui est fourni par l'image photographique. Parfois, cependant, il est utile d'accentuer les ombres, au moyen d'une teinte neutre, que l'on peut composer en mélangeant du brun d'anthracène et du violet de méthyle.

Il n'est pas nécessaire d'employer un très grand nombre de couleurs, et les suivantes suffiront amplement : bleu d'aniline, acide picrique, vert malachite, jaune d'aniline, éosine, érythrosine, fuchsine.

2. — Trichromie

Les couleurs nous paraissent infiniment nombreuses, parce qu'en les mélangeant nous obtenons une foule de nuances différentes. Cependant, l'analyse permet de les réduire à trois teintes fondamentales : le violet, le vert et le rouge-orangé, vus simultanément, produisent sur

notre œil la sensation du blanc ; le violet et le vert ajoutés l'un à l'autre donnent naissance au bleu ; le vert et l'orangé produisent le jaune ; l'orangé et le violet forment le rouge. Si l'une des couleurs domine, la résultante est évidemment différente. Et, si les trois couleurs fondamentales s'ajoutent en proportions inégales, elles produisent un ton rompu. Le noir n'est que l'absence de toute sensation lumineuse. Il sera facile de vérifier tous ces principes en projetant sur le même écran blanc trois faisceaux lumineux, violet, vert et orangé, empiétant partiellement l'un sur l'autre.

Nous pouvons également réaliser toutes les nuances possibles en superposant des pigments colorés sur une surface blanche. Seulement, dans ce cas, les couleurs employées ne sont pas les mêmes que dans l'exemple précédent, puisqu'il s'agit d'éteindre une ou plusieurs des couleurs dont la résultante constitue la surface blanche, et que leur mélange aboutira à l'extinction de toute couleur, c'est à dire au noir. L'expérience montre que, dans ces conditions, il faut employer le bleu, le jaune et le rouge carmin. Le bleu et le jaune superposés donnent le vert ; le jaune et le rouge donnent l'orangé ; le rouge et le bleu donnent le violet. Les tons rompus sont également réalisés par les trois couleurs primitives mélangées en quantités inégales.

On appelle synthèse *additive* la reconstitution des teintes les plus variées par la vision simultanée du violet, du vert et du rouge orangé ; et synthèse *soustrac-*

tive, le coloris réalisé par superposition de pigments bleu, jaune et rouge. L'une et l'autre sont utilisées dans la photographie trichrome. Mais, pour obtenir trois éléments susceptibles de réaliser cette synthèse, il faut d'abord obtenir trois clichés impressionnés chacun par l'une des couleurs fondamentales, et cette *analyse* du coloris ne peut s'effectuer qu'en interposant, devant ou derrière l'objectif, trois écrans ou *filtres sélecteurs* respectivement violet, vert et rouge orangé.

La plaque exposée derrière l'écran violet ne sera impressionnée que par les rayons qui auront pu le traverser : les parties du sujet contenant du violet y seront donc seules représentées, et les objets verts, jaunes ou orangés n'impressionneront pas plus l'émulsion que s'ils étaient noirs. De même, la plaque exposée derrière l'écran vert ne sera impressionnée que par les parties de l'image contenant du vert, et la plaque exposée derrière l'écran orangé ne recevra que les radiations qui auront passé à travers. Il va sans dire que les parties blanches du sujet impressionneront les trois plaques, puisqu'elles émettent ou réfléchissent à la fois du violet, du vert et de l'orangé ; tandis que les parties noires n'agiront sur aucune des plaques.

Nous avons ainsi trois négatifs dont les opacités correspondent respectivement à la couleur des écrans derrière lesquels ils ont été exposés. Les positifs tirés de ces phototypes offriront, au contraire, des transparences correspondant aux points impressionnés respectivement

par le violet, par le vert et par l'orangé. Si maintenant nous plaçons derrière chacun des diapositifs un écran de la couleur correspondante et si nous les disposons de manière à voir simultanément ces trois images fondues en une seule, nous verrons le sujet fidèlement reproduit avec toutes ses couleurs.

On peut réaliser cette synthèse en plaçant les trois diapositifs incolores dans trois lanternes de projection munies chacune d'un verre coloré, et en faisant coïncider les trois images sur le même écran. Pour l'examen binoculaire, la trichromie par synthèse additive exige l'emploi d'un *chromoscope*. On désigne sous ce nom certains stéréoscopes dans lesquels sont placés, derrière trois verres colorés respectivement en violet, en vert et en orangé, les trois diapositifs dont le images paraissent confondues, grâce à une combinaison de prismes ou de miroirs, de telle sorte qu'il suffit de regarder dans les oculaires, pour voir le sujet reproduit avec son relief et toutes ses couleurs.

La synthèse soustractive ou par superposition de pigments permet d'utiliser un stéréoscope ordinaire, toutes les couleurs se trouvant réunies sur la même plaque. Ici, les blancs du sujet sont représentés par l'absence de tout pigment, et ses noirs par la superposition de tous les pigments ; il suit de là qu'à l'inverse de la synthèse additive, chaque couleur représente ici les transparences du négatif correspondant et non plus ses opacités. Chaque positif devra donc être tiré non

pas dans la teinte de l'écran sélecteur correspondant, mais bien dans la teinte diamétralement contraire ou *couleur complémentaire*. Ainsi, l'image tirée du cliché des radiations violettes sera un diapositif dont les ombres seront jaunes ; l'image tirée du cliché des radiations vertes sera rouge ; et celle du cliché des radiations orangées sera bleue. La superposition de ces trois monochromes formera le diapositif en couleurs définitif.

Les trois monochromes peuvent être obtenus par le procédé au charbon : on se sert de papiers mixtionnés, l'un jaune, l'autre rouge, et le troisième bleu ; on les impressionne chacun sous le négatif exposé derrière le filtre sélecteur de couleur complémentaire et, après dépouillement dans l'eau chaude, on superpose les trois transferts sur le même verre, en ayant soin de faire exactement coïncider les images. Une variante intéressante de cette méthode consiste à impressionner trois pellicules de gélatine bichromatée incolores et à ne les colorer qu'après le dépouillement, en les immergeant dans des solutions respectivement jaune, rouge et bleue. L'avantage de la synthèse par imbibition, c'est qu'elle permet de rectifier le coloris, quand l'un des monochromes est trop faible ou trop intense, en renforçant sa coloration par une nouvelle teinture ou en l'atténuant au moyen d'un lavage plus ou moins prolongé. MM. A. et L. Lumière ont ainsi exécuté de merveilleux diapositifs stéréoscopiques, saisissants de vérité et d'un éclat sans égal. Les jeux de la lumière sur le cristal, sur les pierre-

ries, sur les métaux, le velouté des fleurs et des étoffes, les reflets sur les eaux, tout est rendu avec une surprenante fidélité : on croirait voir les objets eux-mêmes, et le relief stéréoscopique ajoute encore à l'effet des couleurs chatoyantes et transparentes.

Malheureusement, ce sont là des résultats exceptionnels, qu'un amateur même assez habile ne saurait obtenir régulièrement, et la trichromie est trop souvent la cause d'échecs décourageants. Il faut d'abord exécuter trois clichés du sujet à reproduire, en interposant successivement trois écrans colorés, l'un violet, le second vert, le troisième orangé. Ces deux derniers prolongent le temps de pose dans la proportion d'environ 1 à 10. Si l'on additionne la durée des trois poses et le temps nécessaire aux changements de plaques, on arrive à un total qui exclut la possibilité de reproduire les sujets animés. Du reste, là n'est pas la seule difficulté. Il faut apprécier exactement trois temps de pose inégaux, développer trois clichés de telle sorte qu'ils soient également intenses et également détaillés ; il faut ensuite tirer trois positifs de densités équivalentes et les superposer. La plus petite erreur commise au cours de ces opérations complexes suffit pour fausser complètement le coloris.

On a bien essayé de simplifier les opérations, en réduisant les couleurs à deux seulement, le rouge et le vert par exemple, et en limitant chacune d'elles à une seule des deux images stéréoscopiques. A la prise des vues,

l'un des objectifs est muni d'un écran rouge, l'autre d'un écran vert. Si l'on examine ensuite le diapositif dans un stéréoscope dont l'un des oculaires est muni d'un écran rouge et l'autre d'un écran vert, l'image résultante paraîtra colorée. Seulement, le coloris réalisé de la sorte sera forcément arbitraire et incomplet. Les expédients de ce genre sont du reste devenus inutiles, depuis que les plaques *autochromes* permettent de reproduire, très facilement et avec une rigoureuse fidélité, toutes les couleurs des objets, jusqu'à leurs moindres nuances.

3. — **Autochromie**

Les trois images et les trois filtres sélecteurs employés en trichromie peuvent être remplacés par une image unique divisée en compartiments étroits, en cellules microscopiques colorées les unes en violet, d'autres en vert, les autres en orangé. Si ces éléments sont suffisamment petits et convenablement répartis, leur ensemble paraîtra incolore à l'œil nu, et, si l'on recouvre cette mosaïque d'une émulsion au bromure d'argent, on obtiendra une image en couleurs, pourvu que les rayons lumineux transmis par l'objectif traversent les cellules colorées avant de venir impressionner la couche sensible.

En effet, les rayons de lumière violette, par exemple, traverseront sans absorption notable les éléments violets, tandis qu'ils seront arrêtés par les éléments verts

et les éléments orangés. Le bromure d'argent ne sera donc impressionné que sous les éléments violets : le révélateur noircira la couche, de telle sorte que si l'on fixait ensuite dans l'hyposulfite, les cellules violettes resteraient masquées par l'argent réduit opaque, et l'on ne verrait plus qu'un ensemble jaune, résultant de la vision simultanée des éléments verts et des éléments orangés. Mais si, au lieu de fixer, on opère de manière à obtenir un positif direct par inversion, c'est à dire en dissolvant l'argent réduit à l'état métallique, en exposant à la lumière le bromure resté inattaqué et en développant de nouveau, alors la gélatine deviendra transparente sous les cellules violettes et opaque sous les autres. La couleur du modèle photographié sera donc bien reproduite.

Le même raisonnement ferait comprendre que n'importe quelle autre couleur serait également reproduite, par suite de l'absorption plus ou moins complète subie par la lumière à travers le filtre sélecteur. Quant aux objets blancs, leur image se traduira par le noircissement de l'émulsion sous toutes les cellules, pendant le premier développement, et, après l'inversion, par une couche entièrement transparente qui laissera apercevoir tous les éléments, dont la visibilité simultanée nous procure la sensation du blanc. Par contre un objet noir ne déterminant aucune impression, le bromure d'argent restera inattaqué au premier développement, mais sera entièrement noirci au second.

Le principe de cette méthode, indiqué dès 1868 par Ducos du Hauron, est demeuré longtemps sans application pratique. L'exécution de la microscopique mosaïque présentait de grandes difficultés, qui n'ont été résolues qu'en 1907, par MM. Lumière, dont le procédé *autochrome* est le plus simple et le plus remarquable de tous les procédés de photographie en couleurs proposés jusqu'ici.

Les éléments colorés du filtre sélecteur des plaques autochromes sont des grains de fécule de pomme de terre choisis parmi ceux dont les dimensions sont comprises entre 10 et 15 millièmes de millimètre de diamètre. Ces granules, ovales, très transparents et facilement perméables aux solutions colorantes, sont divisés en trois lots, que l'on teint l'un en violet, le second en vert, le troisième en orangé. Après dessiccation, les trois lots sont de nouveau réunis, dans les proportions voulues pour que le mélange soit gris neutre. Ce mélange, bien intime et bien homogène, est alors réparti, au moyen d'une machine spéciale, sur des plaques de verre préalablement recouvertes d'un enduit poisseux. Les interstices qui restent ensuite entre ces grains juxtaposés sont remplis d'une poudre noire opaque. La plaque se trouve ainsi recouverte d'une mosaïque à trois couleurs, formée de grains microscopiques, au nombre d'environ 6 à 7.000 par millimètre carré, complètement invisibles à l'œil nu. Cette couche est recouverte d'un enduit imperméable, sur lequel est enfin coulée une émulsion

au gélatinobromure d'argent très sensible à toutes les couleurs.

Cette grande sensibilité exige quelques précautions dans la manipulation des plaques autochromes : la mise

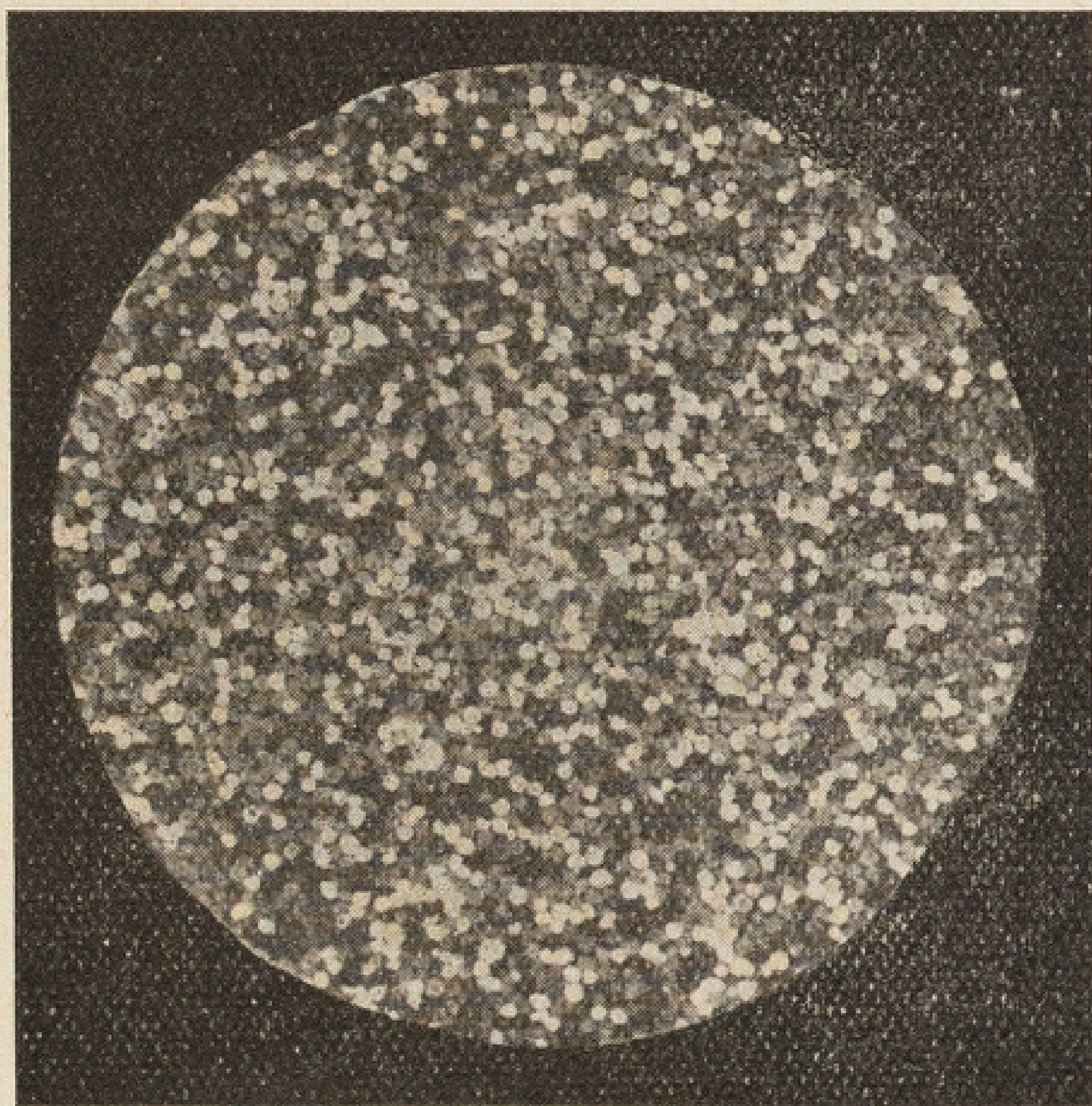


Fig. 89. — Réseau autochrome grossi 80 fois.

en châssis et le développement ne doivent être exécutés qu'en lumière rouge extrêmement faible ou à la lueur d'une lanterne garnie de papiers *Virida*, spécialement préparés à cet effet par MM. Lumière.

Cette plaque est mise en châssis de telle sorte que le verre soit en avant (vers l'objectif) et l'émulsion par derrière, à l'inverse de la disposition habituelle, puis-

qu'il est nécessaire que les rayons lumineux n'impressionnent le couche sensible qu'après avoir traversé le filtre sélecteur.

Cette disposition insolite modifie évidemment la mise au point. Néanmoins aucune correction n'est nécessaire, si l'on place derrière l'objectif le verre jaune fourni par les fabricants. L'épaisseur de ce verre est calculée de telle sorte que son interposition détermine assez exactement l'élongation nécessaire du plan focal.

Ce verre jaune est d'ailleurs indispensable, soit pour absorber les radiations ultra-violettes, soit pour compenser l'excès de sensibilité que l'émulsion conserve pour le violet et pour le bleu. On n'obtient un coloris parfaitement exact qu'à la condition d'employer le verre jaune compensateur tel que le préparent les fabricants des plaques autochromes.

L'inconvénient de l'interposition de cet écran, c'est l'augmentation du temps de pose. Malgré l'extrême sensibilité de leur émulsion, les plaques autochromes nécessitent une exposition environ 50 fois plus longue que les plaques Lumière étiquette bleue.

Le traitement des plaques impressionnées est extrêmement simple, surtout si le temps de pose a été exactement calculé. Dans ce cas, deux bains seulement sont nécessaires pour obtenir un diapositif en couleurs : un révélateur qui servira pour le premier et le second développement, et une solution oxydante pour dissoudre l'argent de l'image négative.

Le révélateur est préparé à l'aide d'une solution concentrée que l'on peut se procurer toute préparée et dont la composition exacte est :

Eau (distillée de préférence)...........	1.000 cc.
Métoquinone	15 gr.
Sulfite de soude anhydre.............	100 —
Bromure de potassium	6 —
Ammoniaque à 22° (D° = 0,923).......	32 cc.

La métoquinone est d'abord dissoute dans l'eau tiède (35 à 40 degrés) ; ou ajoute ensuite le sulfite, puis le bromure, et l'on attend que la solution soit refroidie pour y verser l'ammoniaque.

Pour l'usage, ce révélateur concentré sera étendu avec quatre fois son poids d'eau. On prendra par exemple, s'il s'agit de développer une plaque 7 × 13 :

Révélateur concentré	10 cc.
Eau	40 —

La température du bain doit être aussi voisine que possible de 15 degrés. La durée du développement est alors exactement de 2 minutes et demie, si le temps de pose a été correct. On peut d'ailleurs suivre la venue de l'image, mais par lumière réfléchie seulement et non par transparence, avec un éclairage aussi faible que possible.

La plaque est ensuite rincée sommairement et plongée dans le bain d'inversion :

Eau	1.000 cc.
Permanganate de potasse	2 gr.
Acide sulfurique à 66°	10 cc.

L'argent réduit par le révélateur s'y dissout. A partir de ce moment, les opérations doivent être continuées en pleine lumière. Au bout de 3 ou 4 minutes, il ne reste plus trace du négatif initial, et l'on voit un diapositif en couleurs très faible. On lave alors la plaque pendant quelques instants et on la plonge de nouveau, mais cette fois à la pleine lumière du jour, dans le révélateur qui avait servi au premier développement. Au bout de 3 ou 4 minutes, tout le bromure d'argent resté inattaqué dans la première opération se trouve à son tour noirci, et le diapositif acquiert toute son intensité. On lave encore la plaque pendant quelques minutes, on la laisse sécher à l'abri des poussières et on recouvre la couche d'un vernis à la gomme Dammar.

Cette méthode est très simple, mais ne convient qu'aux plaques très exactement posées. La moindre erreur dans le calcul du temps de pose suivie d'un développement mal conduit produit soit des images trop sombres soit des images réticulées par suite de la visibilité de tous les grains de fécule, sans distinction de nuance par rapport au sujet photographié. Ce défaut est surtout apparent au stéréoscope, dont les oculaires grossissent les éléments sélecteurs.

Aussi est-il nécessaire de procéder autrement, chaque fois que l'on a quelque doute sur l'exactitude du temps de pose.

On verse dans la cuvette destinée au développement :

Eau	80 cc.
Révélateur concentré à la métoquinone..	5 —

D'autre part, on met dans une éprouvette 15 centimètres cubes du révélateur concentré, et, dans une autre éprouvette 45 centimètres cubes de la même solution. On place ces deux éprouvettes à proximité de la lanterne garnie de papier Virida, de manière à retrouver sans hésitation celle dont on aura besoin. La température du révélateur devra s'écarter le moins possible de 15 degrés.

On plonge la plaque dans la cuvette, et on compte le nombre de secondes qui s'écoulent jusqu'à l'apparition de l'image. Le tableau suivant fait alors connaître la quantité de révélateur concentré à ajouter, ainsi que la durée totale que devra avoir le développement.

DURÉE d'apparition des premiers contours de l'image sans tenir compte des ciels	QUANTITÉ de révélateur à ajouter dès l'apparition des premiers contours	DURÉE totale du développement y compris la durée d'apparition de l'image
De 12 à 14 secondes	15 cent. cubes	1 minute 15 secondes
15 à 17 —	15 —	1 — 45 —
18 à 21 —	15 —	2 — 15 —
22 à 27 —	15 —	3 — » —
28 à 33 —	15 —	3 — 30 —
34 à 39 —	15 —	4 — 30 —
Forte sous-exposition: de 40 à 47	45 —	3 —
Forte sous-exposition: Au-dessus de 47	45 —	4 —

Ce tableau est d'ailleurs fourni gratuitement par les

fabricants des plaques autochromes, imprimé sur un papier transparent que l'on fixe sur le verre de la lanterne.

L'immersion dans le permanganate acide et le second développement s'opèrent ensuite comme d'habitude.

Si le stéréogramme paraît trop sombre, on pourra l'éclaircir très légèrement dans le réducteur de Farmer très dilué, mais il convient d'avoir rarement recours à cet expédient qui risque de faire disparaître les faibles demi-teintes et les nuances les plus délicates du coloris.

Si, au contraire, l'image manque d'éclat et de vigueur, on l'améliorera notablement en la renforçant. A cet effet, il faut d'abord détruire toute trace de révélateur en laissant la plaque, pendant environ 10 secondes, dans le bain d'oxydation :

Eau	1.000 cc.
Bain d'inversion au permanganate acide	20 —

On lave ensuite pendant 15 à 20 secondes et l'on passe au bain de renforcement, préparé avec les deux solutions suivantes :

A.	Eau distillée	1.000 cc.
	Acide pyrogallique	3 gr.
	Acide citrique	3 —
B.	Eau distillée	100 cc.
	Nitrate d'argent	5 gr.

Pour l'usage, on mélange au dernier moment :

Solution A	100 cc.
Solution B	10 —

On surveille l'accroissement d'intensité en examinant de temps en temps l'image par transparence. On lave ensuite la plaque pendant quelques secondes, et, pour faire disparaître le voile dichroïque qui se forme généralement au cours du renforcement, on la laisse pendant une minute environ dans une solution de permanganate neutre :

Eau	1.000 cc.
Permanganate de potasse	1 gr.

Après un lavage sommaire, la plaque est immergée, pendant deux minutes environ, dans une solution d'hyposulfite acide :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	150 gr.
Bisulfite de soude (solution commerciale)	50 cc.

Ce fixage n'est indispensable qu'en cas de renforcement. On termine par un lavage : 4 à 5 minutes suffisent, la couche gélatineuse étant très mince.

Le vernissage de l'autochrome en augmente la transparence et avive le coloris. Il va sans dire qu'avant de doubler la couche d'un verre protecteur, il faut transposer les deux moitiés du stéréogramme, afin d'avoir le relief réel, et non pas un effet pseudoscopique. La couche composée du réseau de fécule et de la pellicule gélatineuse est beaucoup plus fragile que celle d'un diapositif ordinaire, et il faut avoir soin de ne pas la rayer. Quelques opérateurs ont l'habitude de passer le diamant du côté

gélatine et non du côté verre, afin d'éviter que la couche abandonne son support. La règle qui sert à guider le diamant ne doit pas être posée directement sur la couche, qu'elle risquerait d'endommager, mais bien sur une feuille de papier dont le bord s'arrêtera sur la ligne de séparation. La couche sera ainsi préservée de tout frottement. On peut aussi donner le trait de diamant sur la côté verre, mais après avoir eu soin de pratiquer au canif deux incisions parallèles dans la couche, comme nous l'avons expliqué pour la transposition des diapositifs ordinaires : dans ce cas, on devra s'assurer que le canif a bien pénétré jusqu'au verre.

La fragilité de la couche autochrome et l'impossibilité où l'on peut se trouver de reconstituer l'image abîmée donnent un intérêt particulier aux procédés qui dispensent de la transposition, soit que l'on examine les vues dans un stéréoscope inverseur, soit que l'inversion soit réalisée dans l'appareil photographique par l'un des moyens indiqués au chapitre précédent.

On pourrait craindre que la structure granulaire de la couche de sélection trichrome soit rendue apparente dans le stéréoscope. En réalité, si l'on emploie des oculaires à faible grossissement, le grain est très peu apparent, parce que les éléments colorés étant répartis sans régularité à la surface de la plaque, les mêmes points des deux images ne correspondent pas à la même distribution des grains de telle ou telle couleur. Il faut cependant éviter les surfaces blanches trop étendues, où les grains des

trois couleurs restent tous transparents et sont ainsi plus facilement apparents. C'est pour le même motif qu'il faut absolument éviter la surexposition ou un premier développement trop prolongé, parce qu'après l'inversion on a un diapositif trop transparent. Si l'on n'a pas réussi à éviter ce défaut, on l'atténuera sensiblement par un léger renforcement. On ne doit jamais perdre de vue, dans l'autochromie stéréoscopique, qu'il faut obtenir un dépôt d'argent suffisant pour masquer complètement les grains colorés qui ne concourent pas à la formation des couleurs représentées.

Même en prenant toutes les précautions voulues, les grains seront encore visibles, si les oculaires les amplifient suffisamment. Avec un stéréoscope de 10 à 15 centimètres de foyer, le grossissement est d'environ deux fois en diamètre : c'est déjà trop ; les grains commencent à être nettement visibles. Il vaut mieux un foyer plus allongé, autant que possible. Et, pour ne pas altérer la perspective géométrique, il sera alors nécessaire de munir la chambre noire d'objectifs à long foyer, par exemple 18 à 25 centimètres, au lieu des objectifs de 9 à 15 centimètres de foyer que l'on emploie d'ordinaire.

Du reste un objectif de plus grande longueur focale offre un autre avantage, en autochromie. L'image n'est pas examinée du côté par lequel l'émulsion a reçu la lumière : dans la chambre noire, la plaque était exposée la gélatine en arrière et le côté verre tourné vers les objectifs ; tandis que, dans le stéréoscope, c'est le côté

gélatine qui fait face aux oculaires, et il en résulte que le coloris peut paraître faussé sur les bords de l'image. La figure 90 exagère à dessein la marche des rayons obliques

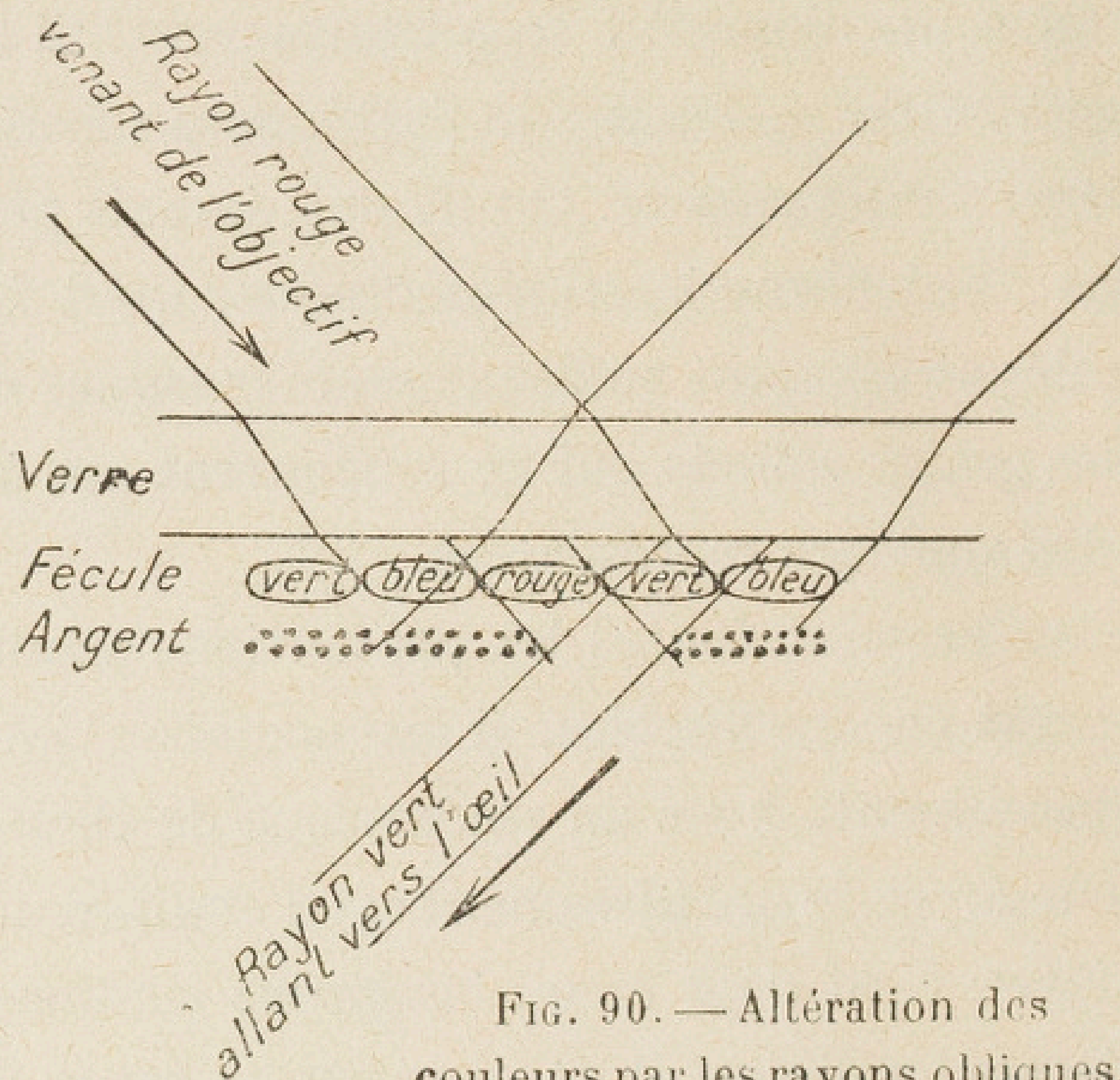


Fig. 90. — Altération des couleurs par les rayons obliques.

et montre comment l'œil peut voir une couleur différente de celle qui devrait apparaître.

Le choix du format est ici encore plus limité qu'en stéréoscopie monochrome. Le 45 × 107 est trop petit : il exige un stéréoscope à fort grossissement, qui met en évidence les grains de fécule. En outre, la transposition, si l'on ne dispose d'aucun moyen de l'éviter, amène un autre inconvénient : une fois le positif coupé par le milieu et transposé, on a sur les bords extérieurs deux bandes de

10 millimètres de large non impressionnées, et l'écart entre deux points homologues se trouve réduit à 43 ou 45 millimètres, ce qui est insuffisant ; en sorte qu'il faut ménager un espace entre les deux vues, ce qui complique le montage.

Les formats 7 × 15 et au-dessus sont trop grands : certains objets de chaque image restent sans homologue, à moins de se livrer à des coupes délicates et qui faussent le relief.

Reste le 6 × 13, qui est, de beaucoup, le plus avantageux. On n'a qu'à couper la plaque par le milieu, transposer les deux images et les doubler d'un verre transparent.

C'est surtout pour le montage des autochromes qu'il est nécessaire d'employer les bandes de papier d'encadrement adhésives à chaud. Les bandes de papier gommé ou de papier enduit de colle de pâte dégagent une humidité qui subsiste entre les deux plaques de verre et se traduit souvent par des taches roses.

L'examen des stéréogrammes en couleurs doit se faire, autant que possible, à la lumière du jour. La plupart des sources de lumière artificielle faussent le coloris. On peut cependant y remédier, en interposant un verre coloré compensateur. Ainsi, si la lumière est jaune rougeâtre, comme celle des lampes à pétrole, il faudra placer un écran bleu derrière le verre dépoli du stéréoscope. Le moyen le plus simple de préparer cet écran est de plonger dans une solution colorante une plaque de

verre recouverte d'une couche de gélatine transparente. On pourra utiliser dans ce but des plaques au gélatino-bromure hors d'usage dont on aura eu soin d'éliminer le bromure d'argent dans une solution d'hyposulfite. La coloration de cet écran sera légère. Si une seule plaque ne suffit pas pour rétablir le coloris exact, on en ajoutera une deuxième, une troisième, etc. La faible coloration de chaque plaque permet d'arriver assez exactement à l'effet voulu, tandis qu'avec des écrans trop fortement teintés, on passerait sans transition d'un défaut à l'excès contraire.

CHAPITRE V

PROCÉDÉS SPÉCIAUX

---

1. — Plaques autostéréoscopiques

En 1896, Berthier indiquait le moyen de voir le relief sur une surface plane de dimensions quelconques et sans le secours d'un instrument d'optique, en faisant converger sur la même plaque les images fournies par deux objectifs et en interposant un réseau à lignes verticales parallèles.

La figure 91 montre que si l'on place devant l'émulsion E E' un écran R R' alternativement transparent et opaque, les rayons provenant de l'objectif Og pourront bien impressionner la surface sensible sur les points marqués 1, 3, 5..., mais non sur les points 2, 4, 6..., puisqu'ils seront interceptés par les opacités du réseau. Au contraire, les rayons venus de l'objectif Od impressionneront l'émulsion en 2, 4, 6..., mais non en 1, 3, 5... Après développement et inversion, si le diapositif est

de nouveau remis en contact avec le même écran, exactement repéré, et si les yeux de l'observateur occupent par rapport à la plaque la même position que les objectifs, il verra l'image en relief. En effet, les traits opaques du réseau cachent à l'œil droit l'image fournie par l'ob-

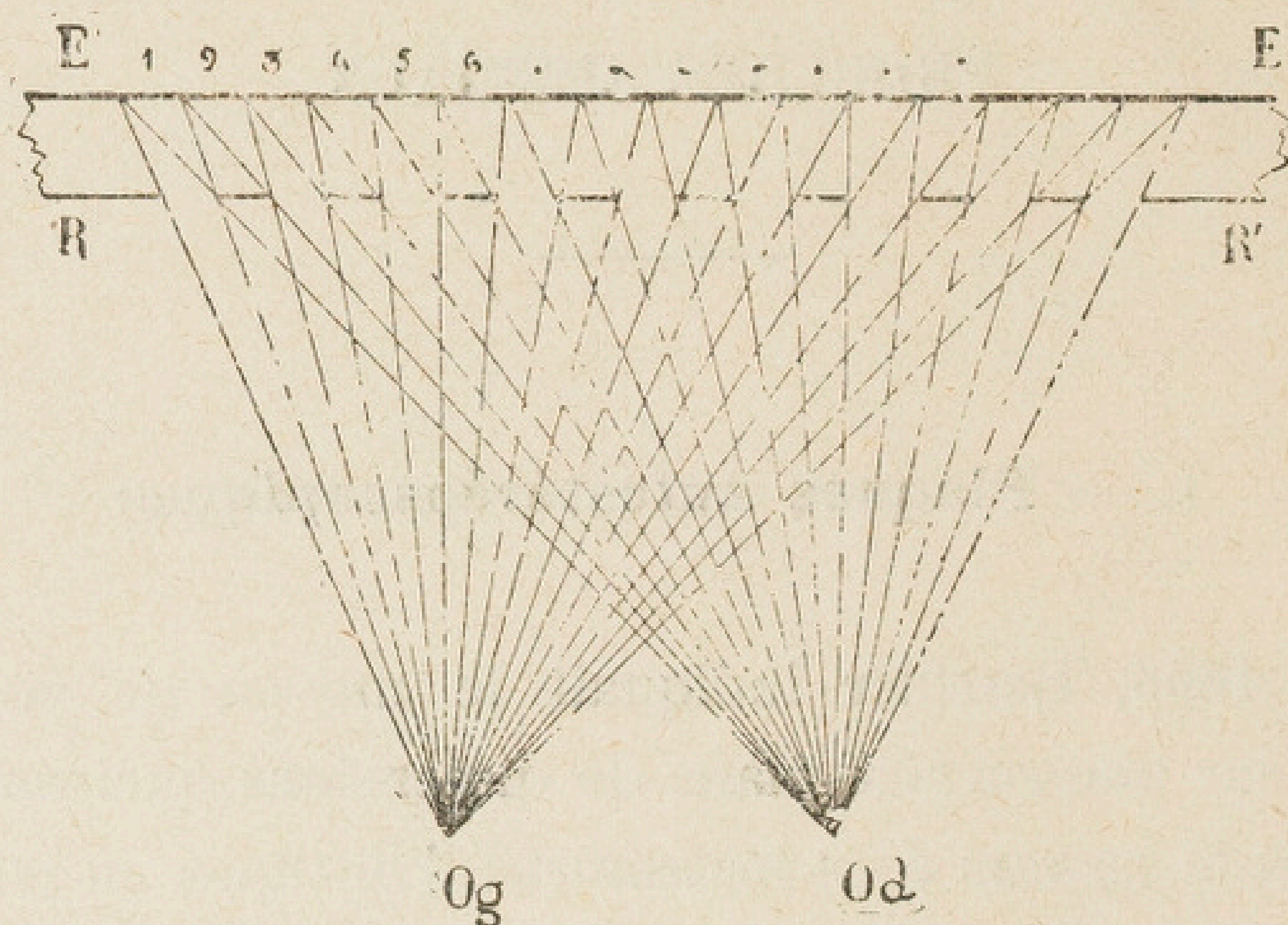


Fig. 91. — Stéréoscopie par interposition de lignes opaques.

jectif gauche, et vice versa. Chaque œil ne voit ainsi que l'image qui lui est destinée, comme dans le stéréoscope ; seulement l'illusion est ici plus complète, parce que l'observateur peut se déplacer à droite et à gauche, sans cesser de percevoir le relief.

Il convient toutefois de faire remarquer que la disposition que nous venons d'indiquer montre les images inversées de droite à gauche. Pour obtenir des reproductions exactes, il faut placer des miroirs ou des prismes

devant les objectifs, ou exécuter une copie inversée de la première image.

C'est sur le principe indiqué par Berthier que s'était basé M. Frédéric E. Ives pour réaliser ses *parallax-stereograms*, présentés en 1904 à l'Académie des sciences par M. Violle. La plaque sensible était exposée au foyer d'un objectif simple de grand diamètre, contre la lentille duquel était fixée une lame opaque percée de deux ouvertures en regard des deux extrémités du diamètre horizontal du verre. Devant l'émulsion était interposé un *gril* ou réseau à lignes verticales, obtenu en photographiant une série de lignes beaucoup plus grandes dessinées en noir sur une feuille de papier blanc. Le gril utilisé contenait environ 100 à 150 traits par pouce. Une bordure de carton de quelques dixièmes de millimètre encadrait le réseau, de sorte que l'application sur le cliché ou sur le diapositif l'amenait toujours à la même distance de l'image.

Après développement et tirage de ce cliché composite, on avait une image confuse, vaguement double et sans relief. Mais, si l'on y appliquait le gril, exactement repéré, le relief devenait saisissant pour l'observateur placé à distance convenable.

La tolérance relative à la distance et à l'obliquité du regard est d'ailleurs assez grande pour que l'effet stéréoscopique soit perçu en même temps par une douzaine de personnes. De plus, on peut utiliser dans ce procédé des plaques de dimensions quelconques,

tandis que dans le stéréoscope le format est limité au au moins dans le sens de la largeur par l'écartement des yeux.

M. Estanave, en 1906, a supprimé l'inconvénient du repérage, en imprimant le réseau de lignes noires parallèles au dos d'une plaque au gélatino-bromure. Cette plaque est impressionnée, verre en avant et gélatine en arrière, dans une chambre dont l'objectif est muni d'un diaphragme à deux ouvertures déterminant l'effet de parallaxe. Après développement du négatif, on peut l'inverser et obtenir directement un diapositif, qui montrera le relief réel, si l'on a eu soin de placer devant la chambre noire un miroir incliné à 45 degrés.

On peut supprimer le miroir, si l'on désire obtenir plusieurs reproductions du sujet. Dans ce cas, le négatif développé n'est pas inversé, mais fixé dans l'hyposulfite de soude. Après lavage et dessiccation, on plonge la plaque dans l'acétone, qui dissout le réseau ligné imprimé sur le verre. On a alors une image composite à l'aide de laquelle on peut tirer par contact autant de diapositifs autostéréoscopiques qu'on en désire. On se sert pour cela de plaques semblables à la première, sur lesquelles est également imprimé un réseau. La plaque sensible positive doit être appliquée sur le négatif de telle sorte que les lignes de l'image composite soient parallèles aux lignes du réseau positif ; on en est facilement averti par la disparition des franges obscures qui se produisent en cas de contact oblique.

Un autre moyen d'obtenir des copies redressées du négatif, sans en détruire le réseau, est de le photographier avec des plaques autostéréoscopiques disposées dans l'appareil à double ouverture. Ce moyen permet d'ailleurs de reproduire sur plaques autostéréoscopiques des stéréogrammes à deux images séparées, obtenues par les méthodes ordinaires, mais non inversées. M. Estanave a construit pour ces reproductions un appareil spécial à ouvertures mobiles.

Les trames employées jusqu'à présent, n'ayant environ que 40 ou 50 lignes par centimètre, le diapositif examiné de très près se montre haché de rayures, comme si on le regardait à travers les barreaux d'une grille ; mais, si l'on s'en éloigne suffisamment, ce défaut disparaît, et l'illusion est d'autant plus complète que le relief persiste même quand l'observateur change de place.

Le même dispositif a permis à M. Estanave d'obtenir des images à effet changeant. Au lieu de laisser pénétrer la lumière simultanément par les deux ouvertures de l'objectif, on exécute deux poses successives sur la même plaque. Ainsi, dans le cas d'un portrait, le sujet aura les yeux ouverts pendant la pose exécutée avec l'orifice droit, et les tiendra fermés pendant l'admission de la lumière dans l'ouverture gauche. Si l'on examine le diapositif ainsi obtenu, on verra le modèle avec les yeux ouverts ou fermés, suivant qu'on se placera à droite ou à gauche de la plaque. Et, si l'on se déplace rapidement, ou si l'on imprime au diapositif un mouve-

ment d'oscillation, on verra le modèle fermer les yeux, puis les ouvrir et les fermer encore.

En remplaçant le réseau à simples lignes verticales par une trame quadrillée, c'est à dire rayée de traits verticaux et de traits horizontaux, et en perçant le diaphragme de quatre ouvertures disposées aux angles d'un carré dont les côtés sont verticaux et horizontaux (fig. 92), M. Estanave a réalisé des effets plus complexes. Le relief est donné par les raies verticales, tandis que les raies horizontales donnent lieu à des effets changeants, que l'observateur aperçoit en se déplaçant dans le sens vertical ou en inclinant la plaque en avant ou en arrière. Les deux aspects à reproduire sont photographiés, l'un en démasquant les ouvertures O_1 et O_2 ; l'autre, en utilisant les ouvertures O'_1 et O'_2.

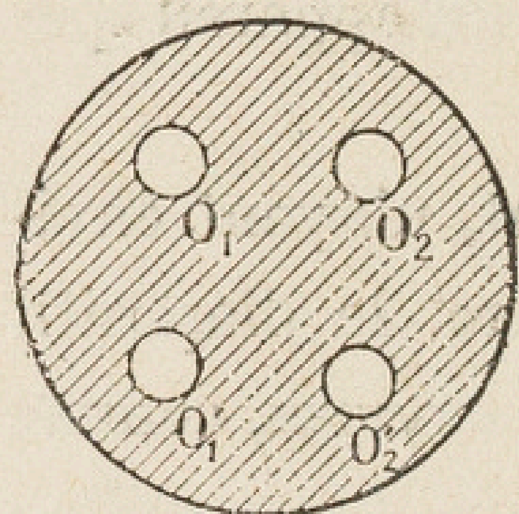


Fig. 92. — Objectif à quatre ouvertures.

Enfin, en imprimant un gril sur le verre d'une plaque autochrome exposée au foyer d'un objectif à deux ouvertures, on obtiendrait à la fois, sur une surface unique, le relief et la couleur.

2. — Photographie intégrale

Gabriel Lippmann a imaginé, en 1908, un procédé susceptible de donner l'illusion du relief beaucoup plus

complètement que ne pourrait le faire toute autre méthode stéréoscopique. Ce qui ajoute encore à l'originalité de cette innovation, c'est qu'elle supprime la chambre noire et l'objectif. Le matériel se réduit à un châssis contenant une plaque sensible à structure toute particulière, que l'on démasque au moment de la pose. Après développement et inversion, on a un diapositif à travers lequel le modèle est vu en relief et présente des perspectives changeantes, à mesure que l'observateur se déplace, absolument comme si cette plaque était une fenêtre ouverte sur le site que l'on a voulu reproduire.

La réalisation de ce procédé présente de grandes difficultés techniques, qui jusqu'ici ne sont pas résolues; mais la théorie en est si ingénieuse qu'il convient de la connaître.

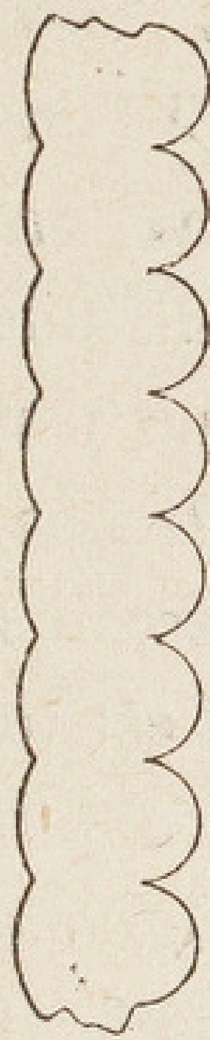


Fig. 93
Cellules photographiques.

La plaque sensible est constituée par la juxtaposition d'une multitude de cellules formant chacune une chambre noire munie d'un objectif et d'une émulsion au bromure d'argent. Ce sera, par exemple, une feuille de celluloïd dont les deux surfaces sont moulées de manière à présenter des convexités disposées en regard les unes des autres, mais avec des courbures différentes (fig. 93). Le côté sur lequel est coulée l'émulsion n'est que faiblement convexe, tandis que le côté opposé, qui sera dirigé

vers le sujet à reproduire, est formé d'éléments à convexité beaucoup plus accentuée. Ces éléments antérieurs, de courbure à très faible rayon, constituent autant d'objectifs projetant une image microscopique sur la face opposée de la plaque, où se trouve l'émulsion. La courbure de la surface sur laquelle se forme l'image est calculée de manière que celle-ci soit bien au point. Comme le foyer de chaque objectif est extrêmement court, tous les objets, même situés à faible distance, se dessineront avec une netteté pratiquement suffisante. Il est utile qu'une couche de pigment noir isole optiquement chaque élément de ceux qui l'entourent.

Si l'on expose cette plaque en face du sujet à reproduire, on aura, après développement et inversion, une multitude de petits diapositifs. Cependant, si on l'examine par transparence du côté de la gélatine, on ne distingue aucune image, à l'œil nu (au microscope, on aperçoit les petites images juxtaposées) ; mais le résultat est tout différent, si l'on retourne la plaque, le côté des objectifs vers l'observateur ; alors, le sujet se montre en *grandeur naturelle*, en relief, et sous des aspects qui se modifient à mesure qu'on regarde la surface sous des angles différents, absolument comme si l'on se trouvait en présence de la réalité, d'où le nom de *photographie intégrale* donné à ce procédé.

Si étrange que puisse sembler ce résultat, il s'explique parfaitement par les lois bien connues de l'optique.

« Considérons, dit Lippmann (1), un point *a* quelconque (fig. 94) de l'une des petites images photographiques. Les rayons sortent de la cellule parallèlement entre eux,

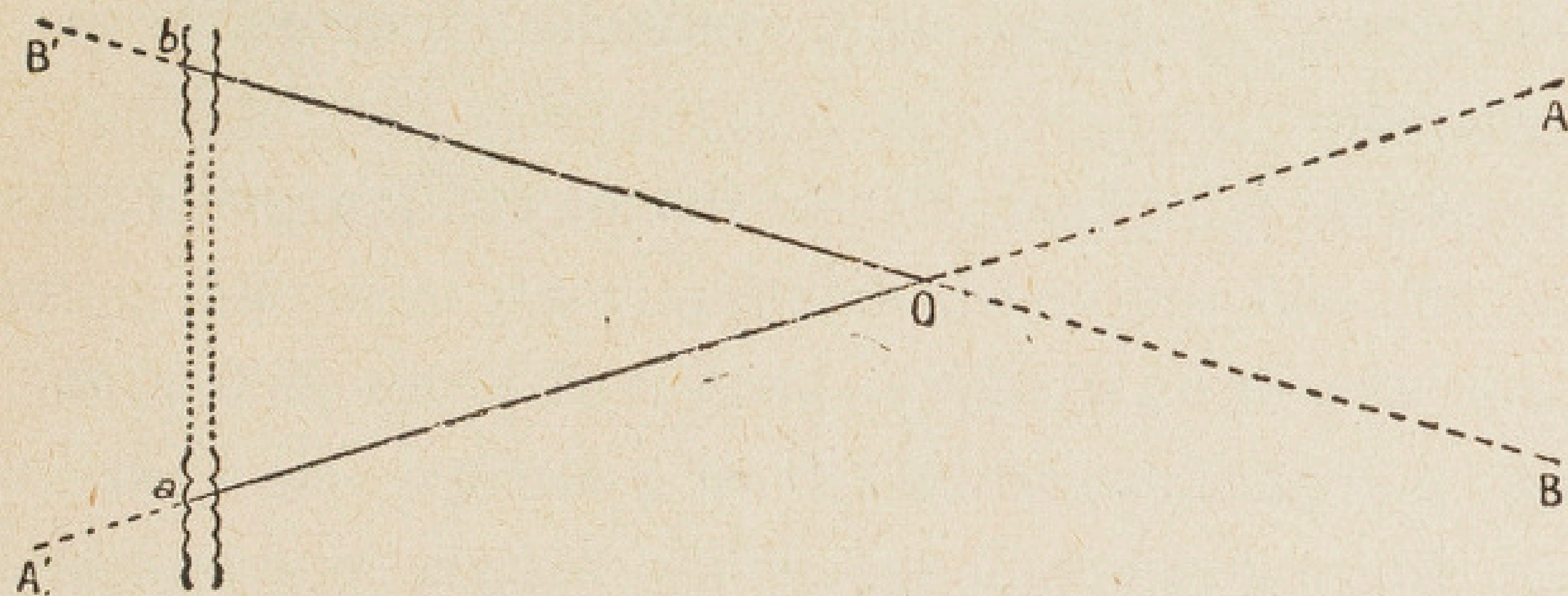


Fig. 94. — Principe de la photographie intégrale.

puisque le point *a* est, par construction, au foyer de la lentille réfringente. L'œil placé en O les perçoit donc comme si le point *a* était rejeté à l'infini dans la direction O*a*.

« D'autre part, la direction du faisceau émergent, qui a pour origine le point *a*, est précisément celle du faisceau incident qui, pendant la pose, était venu se concentrer en *a*. Ce faisceau incident provenait d'un point A du paysage. L'œil perçoit donc l'image photographique du point A comme projetée dans l'espace dans la direction de la droite qui joint le centre optique de l'œil au point A, ou, plus exactement, dans le pro-

(1) *La Photographie des couleurs,* mai 1908, page 122.

longement de cette direction. Il en est de même d'un second point quelconque B du paysage et de son image photographique *b* ; celle-ci est rejetée à l'infini suivant le prolongement de la droite O B. Les directions étant conservées, les angles et la grandeur apparente le sont également.

« On peut donner à cette démonstration une forme un peu différente. On sait que toute chambre noire, dans laquelle on a remis en place le cliché qu'elle a donné, est un appareil réversible. C'est à dire que, si on éclaire un point *a* quelconque du cliché, image nette d'un point extérieur A, les rayons émergents iront converger en A. Cette proposition s'applique à tous les points *a*, *b*, *c*, images nettes de points extérieurs A, B, C. Il s'ensuit que les images réelles ainsi formées occupent dans l'espace, par rapport au système des chambres noires et par rapport les unes aux autres, les mêmes positions que les points matériels qui ont primitivement servi de modèle. Leur système constitue donc un objet virtuel à trois dimensions, qui est optiquement équivalent, pour l'œil d'un observateur, au système même des points matériels qu'on se propose de reproduire. L'œil les apercevra, à condition d'accommoder, sous l'aspect qui convient au point où il se trouve placé. »

L'œil de l'observateur n'embrasse à la fois qu'une faible partie du champ reproduit par chaque objectif ; mais, s'il se déplace, il verra une nouvelle partie de ce champ, et, comme les deux yeux occupent des positions

différentes, ils apercevront des perspectives correspondant à la vision binoculaire du modèle.

L'image perçue par chacun des yeux du spectateur est la résultante de toutes les microscopiques images formées au fond des cellules ; elle paraîtra continue, si les cellules sont suffisamment rapprochées, c'est-à-dire si l'écart entre les centres de deux cellules contiguës est moindre que le diamètre de l'ouverture pupillaire.

Malgré les imperfections des objectifs, l'image observée dans ces conditions ne paraîtrait pas déformée, les déformations étant rectifiées par le retour inverse des rayons.

Tout cela est merveilleux, sans doute ; malheureusement, la photographie intégrale n'existe encore qu'à l'état théorique. C'est un mirifique projet, dont nous attendons impatiemment l'exécution, car celle-ci révolutionnerait littéralement la photographie.

3. — Anaglyphes

Rollmann proposait, en 1853, dans les *Annales de Poggendorff* (XC, p. 187), une méthode de vision en relief fondée sur la combinaison de deux images colorées superposées et de deux verres colorés pour les examiner. En 1891, Louis Ducos du Hauron précisait les moyens d'obtenir ce genre de stéréogrammes, auxquels il donnait le nom d'*anaglyphes* (du grec ἀνά, sur, et γλυφή, sculpture). Ce qui caractérise, en effet, ce pro-

cédé stéréoscopique, c'est que les deux images qui correspondent aux perspectives des deux yeux ne sont pas disposées l'une à côté de l'autre, comme dans les stéréogrammes ordinaires, mais bien l'une sur l'autre.

Supposons, par exemple, que l'image gauche d'un négatif stéréoscopique soit tirée sur papier au charbon rouge vermillon, et l'image droite sur papier au charbon bleu d'Orient. Après dépouillement des deux mixtions, si nous les transférons, l'une au-dessus de l'autre, sur le même papier, nous aurons une image composite dépourvue de netteté, car, s'il est facile de superposer les images des objets lointains, l'effet de parallaxe empêche de faire coïncider les plans plus rapprochés.

Regardons maintenant cet ensemble confus avec un lorgnon dont l'un des verres, placé devant l'œil droit, soit rouge, tandis que l'autre verre, placé devant l'œil gauche, soit bleu violet. Alors, on ne voit plus qu'une image, très nette, noire sur fond blanc, et dont les plans se détachent les uns des autres, comme dans le stéréoscope. Il est facile d'expliquer ce phénomène, si l'on se rappelle qu'un objet rouge vermillon vu à travers un verre bleu paraît noir, tandis qu'un objet bleu ne se différencie pas d'un objet blanc, et qu'à travers un verre rouge, le rouge paraît incolore tandis que le bleu paraît noir. Dans ces conditions, chaque œil ne voit que l'image qui correspond à sa perspective, et les conditions de la vision en relief sont réalisés aussi bien que dans le stéréoscope.

On peut employer d'autres couleurs que celles que nous avons prises pour exemple. Il faut, autant que possible, choisir deux teintes complémentaires l'une de l'autre, afin que le papier paraisse à peu près blanc et les ombres des images à peu près noires. Actuellement, on utilise d'ordinaire le rouge et le vert. On obtient facilement les deux écrans colorés destinés à être enchâssés dans le lorgnon, en recouvrant de gélatine colorée deux plaques de verre ou deux pellicules de celluloïd. Le Dr Scheffer indique deux formules de solutions colorantes qui conviennent parfaitement :

Ecran rouge	Eau distillée	100 cc.
	Gélatine	6 gr.
	Rouge rapide (solution 1 p. 40)	200 cc.
Ecran vert	Eau distillée	100 cc.
	Gélatine	6 gr.
	Vert naphtol (sol. à 1 p. 100)	5 à 10 cc.

On peut se servir des mêmes colorants pour constituer les images : dans ce cas, au lieu d'effectuer le tirage sur des papiers mixtionnés, on impressionne des pellicules de gélatine incolore bichromatée que l'on imprègne, après dépouillement, dans les bains de teinture et que l'on superpose ensuite. Il va sans dire que si l'image droite est reproduite en rouge, l'œil droit devra la voir à travers l'écran vert et vice versa. S'il en était autrement, on observerait, non pas le relief réel, mais bien un effet pseudoscopique.

Le moyen le plus commode d'obtenir les anaglyphes

à un grand nombre d'exemplaires est de les imprimer par la similigravure. On tire de l'un des clichés une planche que l'on encre en rouge, et de l'autre cliché une planche différente que l'on encre en vert. Ces deux planches superposent sur la même feuille de papier une image composite, dont le prix de revient est très réduit, ce qui permet d'illustrer certaines publications de vues en relief de n'importe quel format. C'est ainsi qu'un des volumes de la collection de *Photo-Revue*, le *Relief stéréoscopique par les Anaglyphes*, par le Dr Maurice d'Halluin, contient non seulement deux planches anaglyphiques, mais même le double écran (rouge et vert) nécessaire à leur examen.

On obtient également des anaglyphes sur plaques autochromes, en faisant converger les images provenant de deux objectifs suffisamment écartés et munis l'un d'un écran rouge, l'autre d'un écran vert. Le diapositif composite est examiné, bien entendu, avec un lorgnon dont l'un des verres est rouge, et l'autre vert, mais cette combinaison se rattache plutôt à celle qui va être indiquée au paragraphe suivant.

4. — Projections en relief

En 1858, Ch. d'Almeida a indiqué deux moyens de rendre les images stéréoscopiques visibles à la fois à un grand nombre de spectateurs, sur un écran de projections.

Le premier de ces moyens, fondé sur le principe dé-

couvert par Rollmann cinq ans auparavant, consistait à faire converger sur l'écran les deux images d'un stéréogramme positif, en interposant un verre coloré devant chaque image, et en plaçant devant les yeux de chaque spectateur une paire d'écrans colorés.

Remarquons que dans cette combinaison, si l'image provenant de l'objectif de droite, par exemple, est projetée à travers un écran rouge, et l'image de gauche à travers un écran vert, le spectateur devra placer le côté rouge de son lorgnon devant l'œil droit, et le côté vert devant l'œil gauche, à l'inverse de la disposition indiquée au paragraphe précédent. En effet, dans les anaglyphes, ce sont les ombres de l'image qui sont représentées en couleurs, tandis que dans le procédé d'Almeida, les ombres de chaque diapositif sont noires, et ce sont les parties transparentes qui se montrent en couleur. La superposition du rouge et du vert des anaglyphes forme un mélange noir, au lieu qu'en projection le vert et le rouge ajoutés l'un à l'autre réalisent la synthèse de la lumière blanche. Dès lors, l'image projetée à travers l'écran rouge ne se montre qu'à l'œil muni du verre rouge ; l'œil muni du verre vert ne voit pas plus les transparences rouges que les opacités noires. Réciproquement, l'œil muni du verre vert voit bien l'image projetée à travers l'écran vert, mais n'aperçoit rien de celle qui se compose d'opacités noires et de transparences rouges. Chaque œil ne voit ainsi que l'image correspondant à sa perspective, et le relief apparaît.

Même observation pour les autochromes anaglyphiques.

M. L. Gimpel a montré qu'il n'était pas indifférent de choisir tel ou tel couple de complémentaires, parce qu'il faut tenir compte de l'effet physiologique des couleurs sur notre rétine. De toutes les couleurs spectrales, c'est le jaune qui nous semble le plus éclatant, et le violet le plus sombre ; de ce fait, la combinaison orangé-bleu serait imparfaite, et l'association jaune-violet encore pire. Le meilleur rendement est fourni par un rouge jaunâtre et un bleu verdâtre donnant un éclat sensiblement égal à nos yeux. La sélection peut être réalisée à l'aide des écrans utilisés en trichromie : l'une des vues, par exemple, sera prise en interposant un écran de Wratten rouge-orangé F, et l'autre successivement sous un écran vert N et sous un écran violet L, dont l'addition donnera le bleu-vert complémentaire du rouge-orangé. En représentant par 100 le temps de pose derrière l'écran rouge-orangé, celui de l'autre vue sera de 40, dont 20 pour l'écran vert et 20 pour le violet. Les lorgnons des observateurs seront préparés aisément à l'aide de colorants que l'on trouve dans le commerce : pour le rouge-orangé, on emploiera un mélange d'éosine et de tartrazine ; pour le bleu-vert, le *bleu carmin* de Hœchst et la tartrazine. Ces colorants en solutions aqueuses pénètrent bien dans la gélatine, de sorte que l'on pourra utiliser, pour la confection des lorgnons, des pellicules hors d'usage dont le bro-

mure d'argent aura été dissous dans l'hyposulfite (1).

Le second procédé de Ch. d'Almeida utilise deux diapositifs ordinaires et sans interposition d'écrans colorés. Les deux images sont projetées à la même place, mais pas simultanément. Un obturateur tournant intercepte alternativement la projection de l'image de droite et la projection de l'image de gauche. Chaque spectateur regarde l'écran à l'aide d'une lorgnette spéciale, dans laquelle un électro-aimant interpose un écran opaque alternativement devant l'oculaire droit et devant l'oculaire gauche. Ce mécanisme est relié par un circuit électrique avec l'appareil de projections, de telle sorte qu'au moment où se montre l'image de droite, l'œil droit la voit seul, l'oculaire gauche se trouvant alors fermé. Au contraire, lorsqu'apparaît l'image de gauche, le mécanisme contenu dans la lorgnette ouvre l'oculaire gauche et ferme l'oculaire droit. Si les projections se succèdent assez rapidement, la persistance des impressions rétiniennes les fond en une seule, et le tableau en relief semble ininterrompu.

Au lieu de projeter les deux images l'une sur l'autre, ce qui exige deux lanternes, on a proposé de placer dans une lanterne unique à large condensateur un stéréogramme ordinaire. Les deux images se projettent alors sur l'écran l'une à côté de l'autre, sans interposition

(1) Voir, pour plus de détails à ce sujet, le *Bulletin de la Société Française de Photographie*, juin 1921, p. 194-204.

d'écran. Il y a ainsi moins de lumière absorbée; seulement, pour apercevoir une image en relief, chaque spectateur est obligé de regarder l'écran à travers un véritable stéréoscope fusionnant les deux images au moyen de deux prismes ou de miroirs. Tels sont les dispositifs de Dove, Knight, Macé de Lépinay, l'*apédioscope* de Bellieni et le *stéréoproject* de Demaria. A cette combinaison se rattache également le *stéréotélescope* de Papigny et Mattey, constitué par une lunette de Galilée dont les objectifs à écartement variable permettent de faire coïncider les deux images.

M. L. Verain superpose sur l'écran les deux images d'un stéréogramme ordinaire, en déviant les deux projections à l'aide de prismes. Pour montrer le relief, on interpose devant chaque image un verre coloré, et chaque spectateur regarde l'écran de projection à travers un lorgnon bicolore.

On peut également se contenter du simple lorgnon à verres colorés avec une seule lanterne de projection, si les deux images sont superposées sur le diapositif. Cette solution revient à projeter des anaglyphes, que l'on obtient en transférant sur le même verre deux pellicules mixtionnées (procédé au charbon) ou deux pellicules bichromatées imprégnées d'un colorant après le dépouillement dans l'eau chaude. On remarquera que, dans ce cas, la manière d'observer l'image projetée sera la même que pour les anaglyphes, et non pas comme dans le procédé d'Almeida. En effet, les blancs de l'image

sont ici fournis par les transparences incolores du diapositif, et ses opacités par une coloration plus ou moins intense. Il faut donc que chaque œil l'aperçoive à travers un écran de couleur complémentaire, afin que les ombres paraissent noires.

Tous ces procédés ont le même inconvénient : chaque spectateur doit regarder l'écran à travers un appareil d'optique, et, si cette combinaison est acceptable dans une séance de projection offerte à quelques amateurs de stéréoscopie, il ne saurait en être question dans une salle de spectacle ouverte au public.

Avec l'écran stéréoscopique à réseaux de M. Estanave, tous les spectateurs voient directement les projections en relief, sans le secours d'aucun instrument. Cet écran est constitué par une glace dépolie E E' (fig. 95), placée entre deux réseaux R R, R' R', à lignes parallèles verticales alternativement transparentes et opaques. Un couple stéréoscopique, formé de deux images diapositives I_1 I_2, est projeté à l'aide d'objectifs O_1 et O_2 suffisamment rapprochés pour que les points homologues des derniers plans coïncident sur l'écran.

L'image de I_1 se traduit sur la glace dépolie par une série de bandes marquées 1, 1, 1... enchevêtrées et alternées avec les bandes marquées 2, 2, 2... provenant de l'image I_2. Le tout est réglé de telle sorte que les lignes 1, 1, 1... n'empiètent pas sur les lignes 2, 2, 2...

L'observateur dont les yeux sont placés en O*g* O*d* dans une position à peu près symétrique, par rapport

à l'écran, des objectifs O_1, O_2, verra à travers les traits transparents du réseau R' R' une image unique en relief.

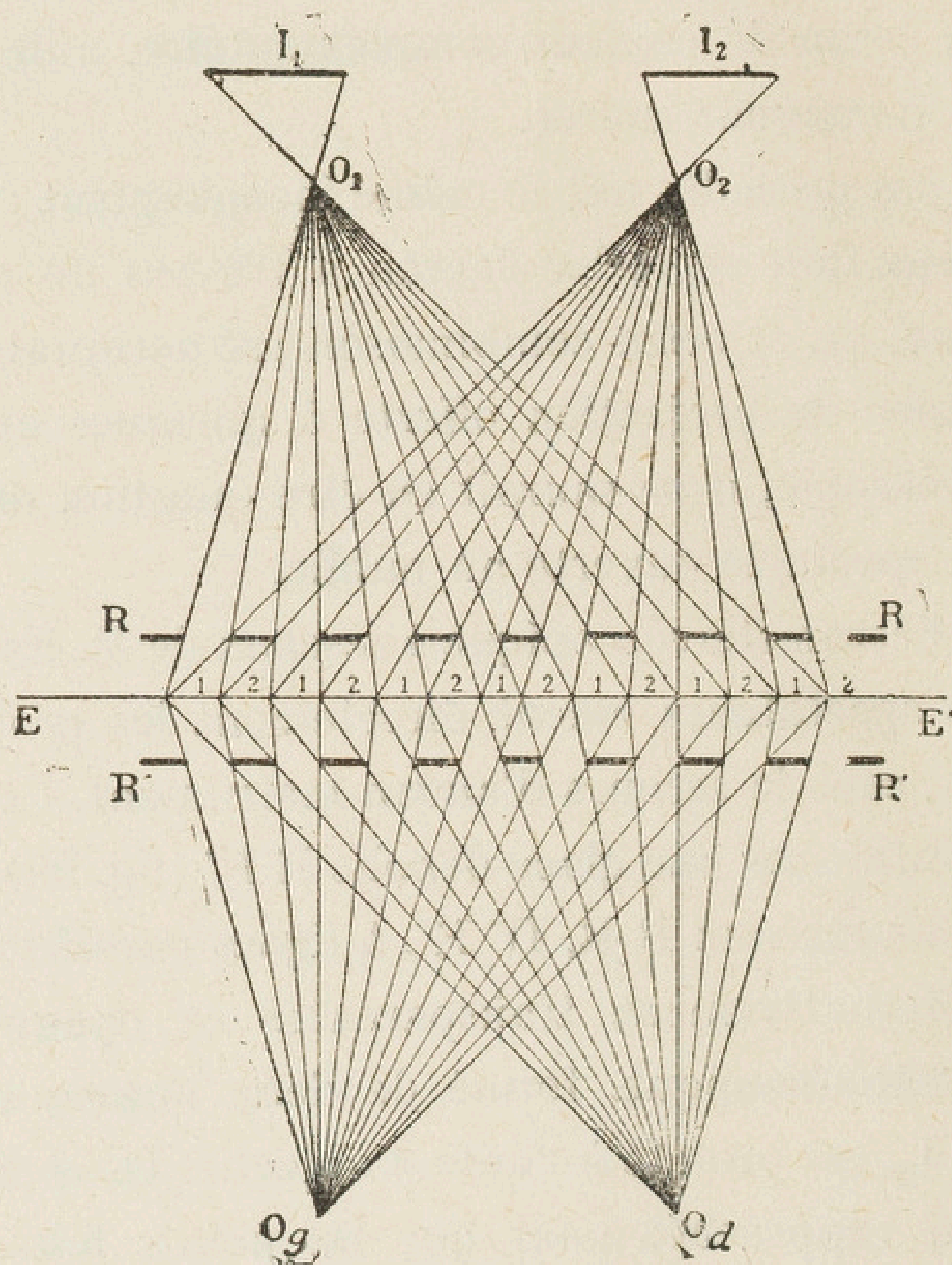


Fig. 95. — Projection en relief sur écran à réseaux.

En effet, l'œil O*g* aperçoit seulement les bandes notées 1, 1, 1... correspondant à l'image I_1, tandis que l'œil O*d* aperçoit seulement les bandes notées 2, 2 2... correspondant à l'image I_2.

Si les traits des réseaux sont suffisamment fins et

suffisamment rapprochés les uns des autres, la plupart des spectateurs ne les distingueront pas, et les images paraîtront continues.

5. — Radiographie stéréoscopique.

Les rayons X ne se réfractent pas, comme le font les rayons lumineux à travers les prismes et les lentilles. Ils ne donnent donc pas des images réelles des objets : les ombres qu'ils projettent sur les écrans fluorescents et celles qu'ils impriment sur les plaques photographiques résultent seulement de l'absorption plus ou moins complète que subissent ces radiations dans l'épaisseur des corps interposés. Ce sont de simples silhouettes, où l'on ne distingue pas la succession des plans différents et qui ne renseignent par conséquent que très imparfaitement sur la forme exacte du sujet, sur sa structure intérieure et sur la position précise qu'occupe tel ou tel détail.

La stéréoscopie permet cependant de mettre en évidence le relief des objets radiographiés, de séparer nettement les uns des autres les plans plus ou moins éloignés et de localiser exactement un point déterminé. A cet effet, on exécute deux reproductions du même sujet, pris sous deux directions différentes. S'il s'agit d'un modèle inanimé, rien n'empêche d'opérer par poses successives. On place donc l'ampoule à rayons X dans deux positions différentes, et l'on impressionne deux

plaques, disposées chacune de telle sorte que le sujet se trouve interposé entre la source des radiations et la surface sensible. Dans les cas où les poses successives présentent quelque inconvénient, on exécute les deux clichés simultanément, en plaçant derrière le modèle deux tubes à rayons X, et, devant lui, sur le trajet des radiations, deux plaques sensibles. Les deux tubes peuvent être remplacés par un tube unique construit

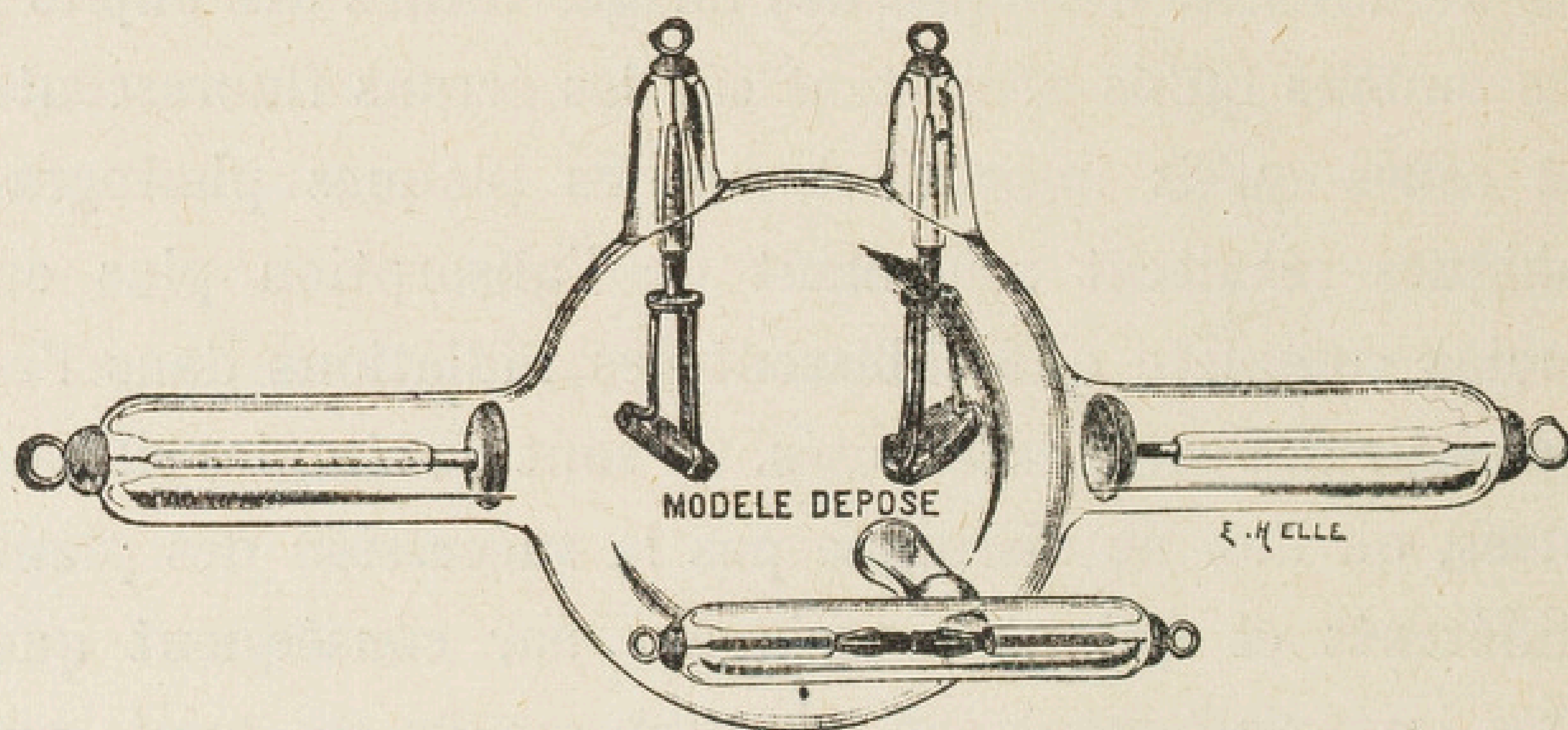


Fig. 96. — Tube radiostéréoscopique.

de manière à émettre deux flux distincts de radiations. Tel est le tube du Dr Guilloz (fig. 96), qui contient deux cathodes et deux anticathodes en chrome platiné, pour la radiostéréoscopie.

Les deux épreuves constituant le stéréogramme sont examinées dans un stéréoscope ordinaire, si leur format le permet. Si elles sont trop grandes, on peut en tirer des anaglyphes ou les monter sur un stéréoscope à miroirs.

Le stéréoscope du Dr Krouchkoll (fig. 97) permet d'examiner des radiographies sur verre ou sur papier de toutes dimensions, jusqu'au format 40 × 50. Les deux miroirs plans en verre argenté M, M' sont disposés

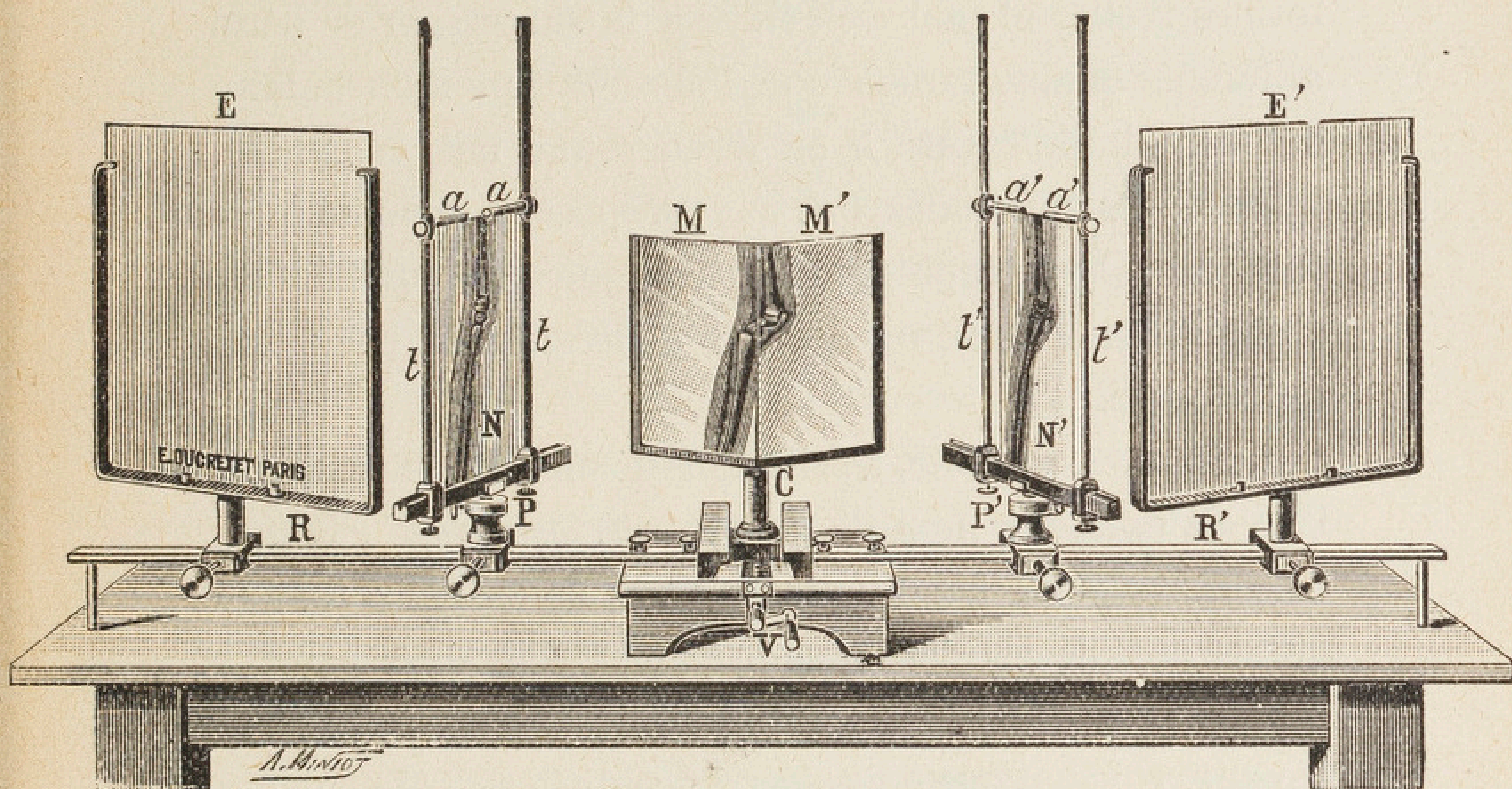


Fig. 97. — Stéréoscope à miroirs.

à 90 degrés l'un de l'autre et mobiles sur l'axe vertical C Leur ensemble est commandé par la vis à manivelle V qui les fait mouvoir perpendiculairement à la règle R R' Les porte-plaques P, P' portent des tiges mobiles *t*, *t'*, *a*, *a'* entre lesquelles sont maintenues les plaques ou les épreuves stéréoscopiques. En déplaçant P et P' sur la règle R R' on arrive rapidement à obtenir la superposition des deux images, lorsqu'on regarde avec un œil dans chaque miroir. Deux feuilles de carton blanc E E' servent à refléter la lumière sur les images N, N'.

6. — Microphotographie stéréoscopique

L'étude des objets invisibles à l'œil nu est singulièrement facilitée par la stéréoscopie, qui en révèle les formes réelles et met en évidence la succession de leurs différents plans, tandis que l'observation monoculaire demeure impuissante à en donner une notion exacte.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour obtenir des microphotographies stéréoscopiques. Lorsqu'il s'agit d'objets immobiles, on procède généralement par poses successives.

Moitessier, en 1865, avait imaginé un dispositif auquel il avait donné le nom de *balance stéréoscopique :* le modèle était placé sur un plateau mobile autour d'un axe horizontal, de manière à se présenter sous deux aspects différents à l'appareil photographique monté verticalement. Nous avons déjà décrit des dispositifs analogues (voir fig. 74) utilisés pour la stéréophotographie des objets de faibles dimensions. Toutefois, quand ces dimensions sont de l'ordre du dixième de millimètre ou au-dessous, cette méthode est d'une application délicate. Il est très difficile de faire coïncider l'axe de rotation avec l'axe de symétrie de l'objet, dont l'éclairage varie d'ailleurs suivant sa position.

M. Quidor a jugé préférable de laisser l'objet immobile et de déplacer le microscope photographique entre les deux poses. Dans son appareil, construit par M. Nachet, l'objet est placé sur un plateau fixe, et le microscope,

surmonté de la chambre photographique, oscille autour d'un axe horizontal. Une vis micrométrique permet de déplacer le porte-objet dans le sens vertical, de manière à amener la surface à photographier exactement au niveau de l'axe d'oscillation.

C'est aussi à Moitessier qu'est due la méthode dite du demi-diaphragme, qui permet d'utiliser un microscope photographique ordinaire. On met d'abord au point à toute ouverture, puis on introduit derrière l'objectif un écran opaque qui masque une moitié de la lentille postérieure. On imprime sur la plaque sensible l'image fournie par les rayons qui passent dans la moitié restée ouverte. On interpose ensuite l'écran sur l'autre moitié de l'objectif, et l'on photographie la nouvelle image. On a ainsi un couple stéréoscopique dont l'écartement est égal à celui des deux points de vue. C'est par ce procédé qu'a été exécuté le stéréogramme reproduit par la figure 98.

M. Monpillard a réalisé des couples stéréoscopiques en déplaçant de droite à gauche le faisceau lumineux destiné à éclairer la préparation. Il a également obtenu des stéréogrammes en photographiant, à l'aide d'une jumelle, les deux images produites par un microscope binoculaire.

Cette dernière méthode est applicable aux sujets animés. Le plus souvent, l'exécution simultanée des deux vues exige une installation spéciale. La figure 99 représente la chambre stéréoscopique Drüner, qui peut

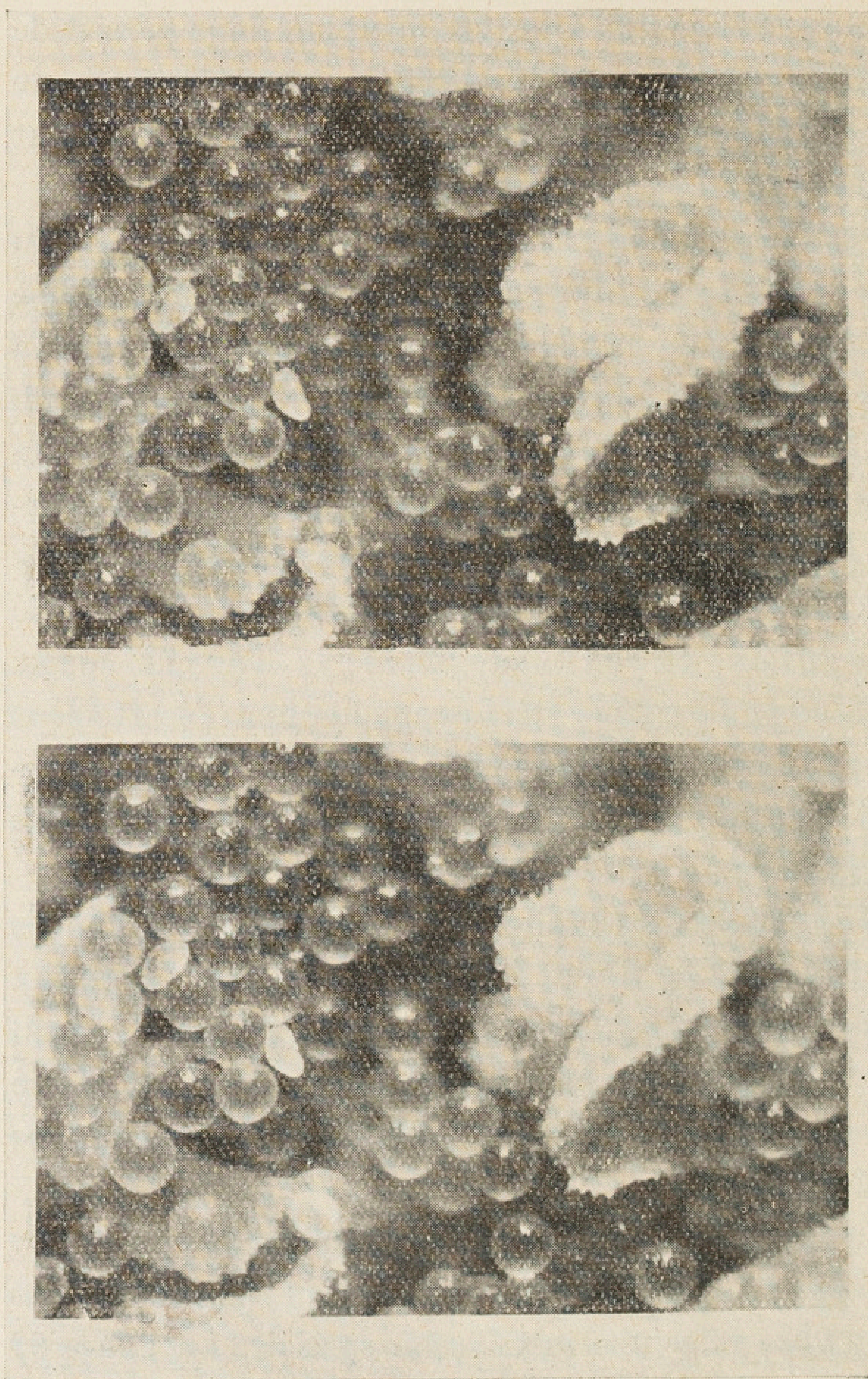


Fig. 98. — Grains de pollen sur une fleur de mauve. (Grossissement environ 60 fois.)

s'adapter à tous les microscopes binoculaires de Zeiss, où elle remplace le double tube (fig. 100). Les images sont formées par les paires d'objectifs appartenant à ces

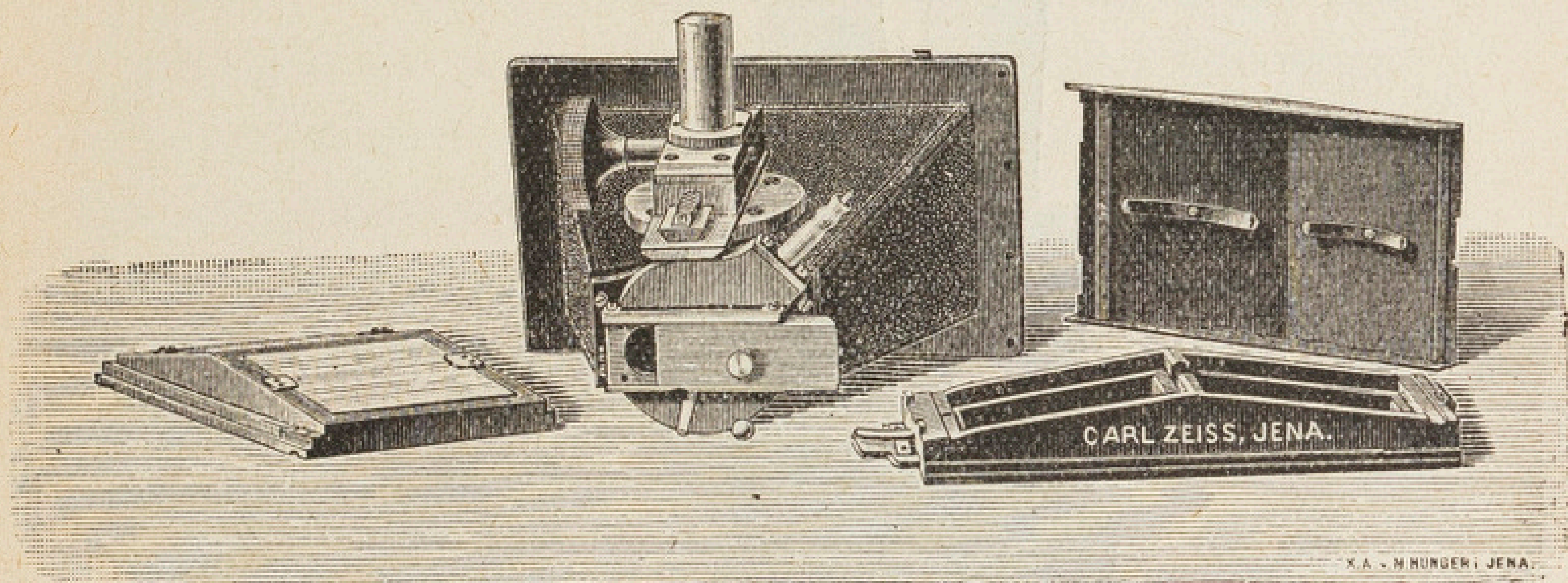


Fig. 99. — Chambre stéréoscopique Druner (1/4 grand. nat.). Avec obturateur pour instantanés, verre dépoli et châssis ouvert.

montures. Si l'éclairage est suffisamment intense, on peut faire des instantanés : c'est pourquoi la chambre est munie d'un obturateur à vitesses variables. Le châssis est disposé de manière à recevoir deux plaques 6 × 6 centimètres, placées perpendiculairement aux deux faisceaux lumineux venus des objectifs.

7. — Métrophotographie

La métrophotographie, créée par Laussedat, consiste à déduire d'une photographie les formes réelles et les dimensions exactes du sujet représenté. C'est ainsi qu'avec une ou plusieurs vues perspectives, on arrive à dresser le plan d'un édifice ou même la carte d'un pays.

Dans certains cas, lorsqu'il s'agit par exemple de monuments d'architecture, une seule épreuve est suffi-

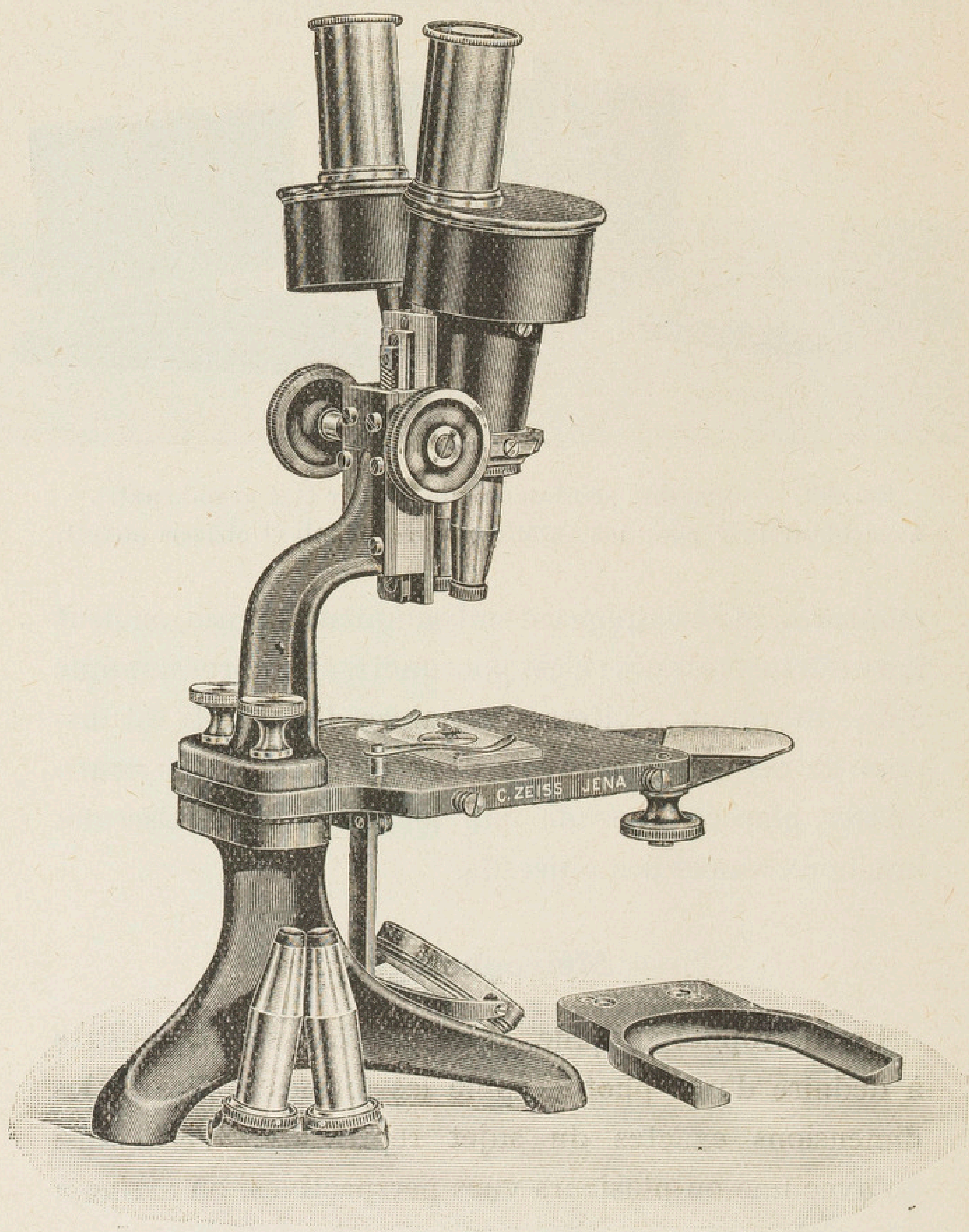


FIG. 100. — Microscope stéréoscopique.

sante, parce qu'on se trouve en présence de formes géométriques bien définies, terminées le plus souvent par des surfaces droites, dont les perspectives suivent des règles très simples. Mais la métrophotographie des paysages, qui a pour objet la construction des plans topographiques et le nivellement, exige au moins deux images, prises de deux points différents, c'est-à-dire un couple stéréoscopique.

« Les deux photographies, dit Laussedat, rapprochées l'une de l'autre et placées dans un stéréoscope, donnent aussitôt une sensation du terrain et de tout ce qui le recouvre, tel qu'il est permis d'en comparer l'effet à celui que produirait la vue d'un modèle solide exécuté à une petite échelle dont le rapport est celui de l'écartement des yeux à la distance des deux stations, c'est-à-dire à la longueur de la base artificielle. »

Un stéréogramme est toujours préférable à une épure savante et compliquée, dont l'exactitude n'est jamais certaine. Avec deux épreuves seulement, obtenues de deux stations bien déterminées, le topographe reconnaît la nature du sol, y trace les courbes de niveau et y repère tous les points intéressants, beaucoup plus rapidement et d'une façon plus précise que par tout autre moyen.

Lorsqu'il s'agit d'exécuter un levé d'une assez grande étendue ou de poursuivre une reconnaissance d'itinéraire, une base unique avec une vue à chaque extrémité ne suffit plus. On procède alors par triangulations, comme le font tous les topographes, en se servant du

théodolite et de la boussole ; mais la précision de plus en plus parfaite des images permet actuellement de réduire la grandeur des bases à la distance qui sépare les deux objectifs d'un appareil stéréophotographique.

L'emploi de stéréoscopes de précision simplifie singulièrement la métrophotographie, en la soulageant de la plupart des opérations géométriques. La lecture des documents stéréoscopiques consiste à mesurer micrométriquement le déplacement subi par l'image de chaque point du paysage en passant d'une épreuve à l'autre. Ce déplacement, ou *parallaxe* du point, est proportionnel à l'écartement des objectifs et inversement proportionnel à la distance qui sépare les objectifs du plan considéré.

Le *stéréo-micromètre*, de Zeiss (fig. 101), fait com-

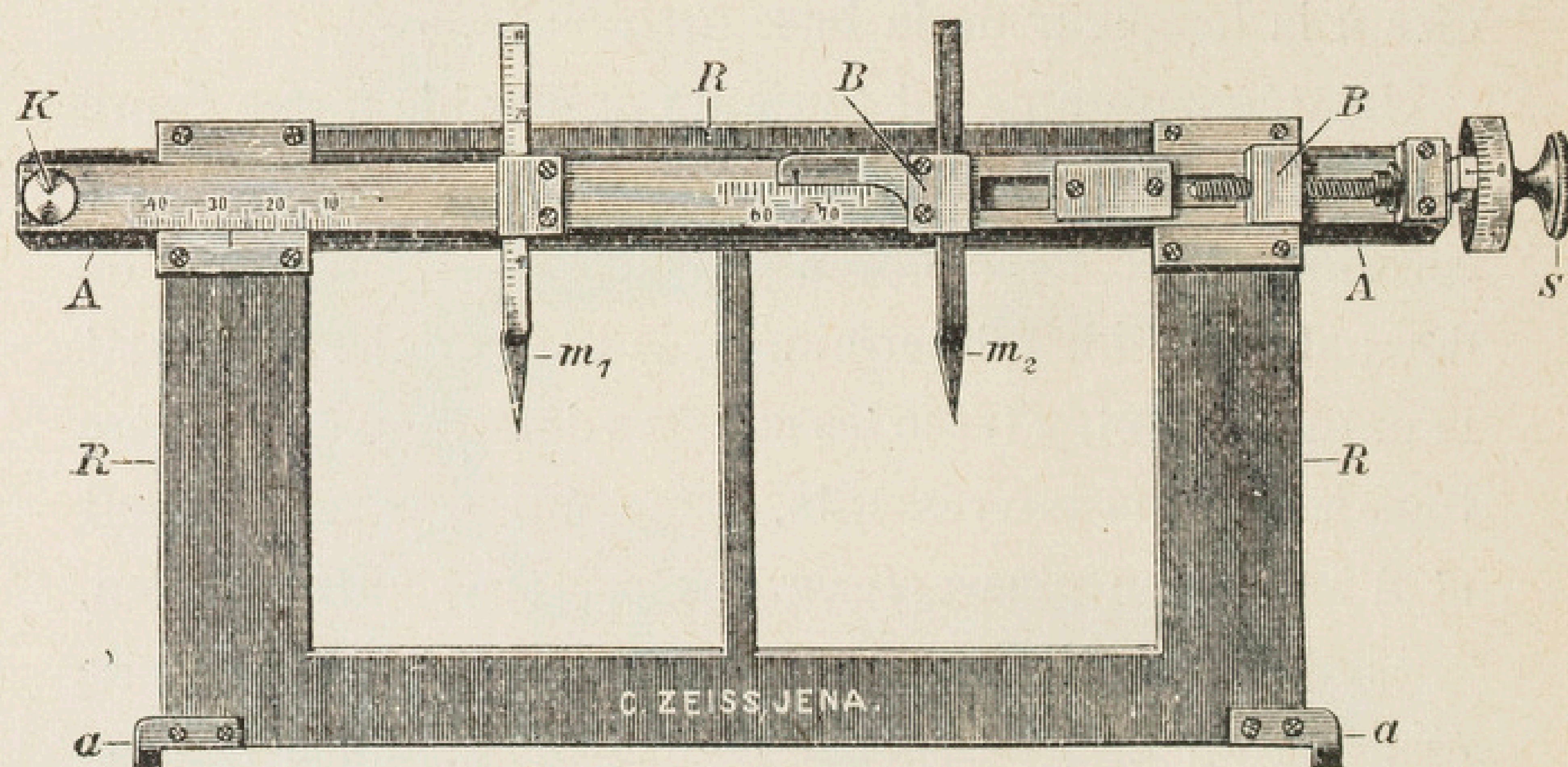


Fig. 101. — Stéréo-micromètre (1/3 grandeur naturelle).

prendre le principe de cette méthode de mensuration.

Le cadre R R est percé de deux ouvertures dont les dimensions sont celles des vues stéréoscopiques ordinaires ; il se place sur le stéréogramme à mesurer et y est maintenu par des crochets *a a*. En déplaçant la règle A A, on amène la pointe m_1 en regard de l'objet dont on veut connaître la distance, puis on fait mouvoir la vis micrométrique S, jusqu'à ce que la pointe m_2 se trouve exactement sur le même objet, dans l'épreuve de droite. Les graduations gravées sur la règle, ainsi que sur le vernier de la vis, font connaître la distance entre les deux pointes, d'où se déduit la distance réelle de l'objet, si l'on connaît l'écartement qui existait entre les objectifs. Le stéréo-micromètre n'est qu'un modèle de démonstration : il ne peut pas servir, en réalité, à effectuer des mesures absolues, car les pointes m_1 et m_2 n'étant pas situées dans le même plan que l'image stéréoscopique, il en résulte un effet de parallaxe, chaque fois que l'écartement des yeux de l'observateur n'est pas égal à la distance des pointes.

En fait, les mesures sont effectuées à l'aide d'instruments de haute précision, comme le *stéréo-comparateur*, de Pulfrich.

Les images tirées sur plaques diapositives, sont fixées sur un chariot, qui se déplace dans la direction des horizons. Un second chariot, mobile dans la direction des verticales, déplace le stéréomicroscope. L'observation se fait par les oculaires disposés devant un microscope dont le grossissement est de 6 diamètres.

La méthode stéréophotogrammétrique réduit au minimum le temps à passer sur le terrain ; les mesures s'effectuent ensuite à loisir, dans le cabinet de travail, et le stéréogramme, qui montre avec la plus grande clarté la configuration du terrain, se prête mieux encore que la nature elle-même à l'établissement du plan.

En prenant, à diverses époques, des photographies d'une même station, les moindres changements survenus pendant l'intervalle sont mis en évidence par le stéréo-comparateur. On peut ainsi étudier les soulèvements et les affaissements locaux de la surface terrestre, les mouvements des glaciers, le progrès des travaux d'attaque pendant le siège d'une forteresse, etc. La méthode stéréoscopique est particulièrement avantageuse pour l'étude des objets d'un accès difficile ou impossible, pour la détermination de l'altitude des nuages, pour les levés à exécuter en montagne, les mesures de précipices ou de pics à parois abruptes.

L'astronomie doit aussi à la stéréoscopie de précision de notables progrès. La lune est animée d'un lent mouvement d'oscillation autour de son centre de gravité ; ce balancement est connu sous le nom de *libration*. En photographiant cet astre à deux époques convenablement choisies, on obtient donc deux vues légèrement différentes et qui, examinées dans un stéréoscope, montrent le globe avec sa forme réelle, ses aspérités et ses dépressions. Cette méthode avait été appliquée, dès 1851, par Warren de la Rue ; mais elle a été reprise il

y a quelques années et perfectionnée, si bien qu'elle a permis de calculer la hauteur des montagnes de notre satellite, ainsi que la profondeur de ses cratères et de ses gouffres. C'est ainsi que M. Pulfrich, en opérant sur deux épreuves qui lui avaient été communiquées par

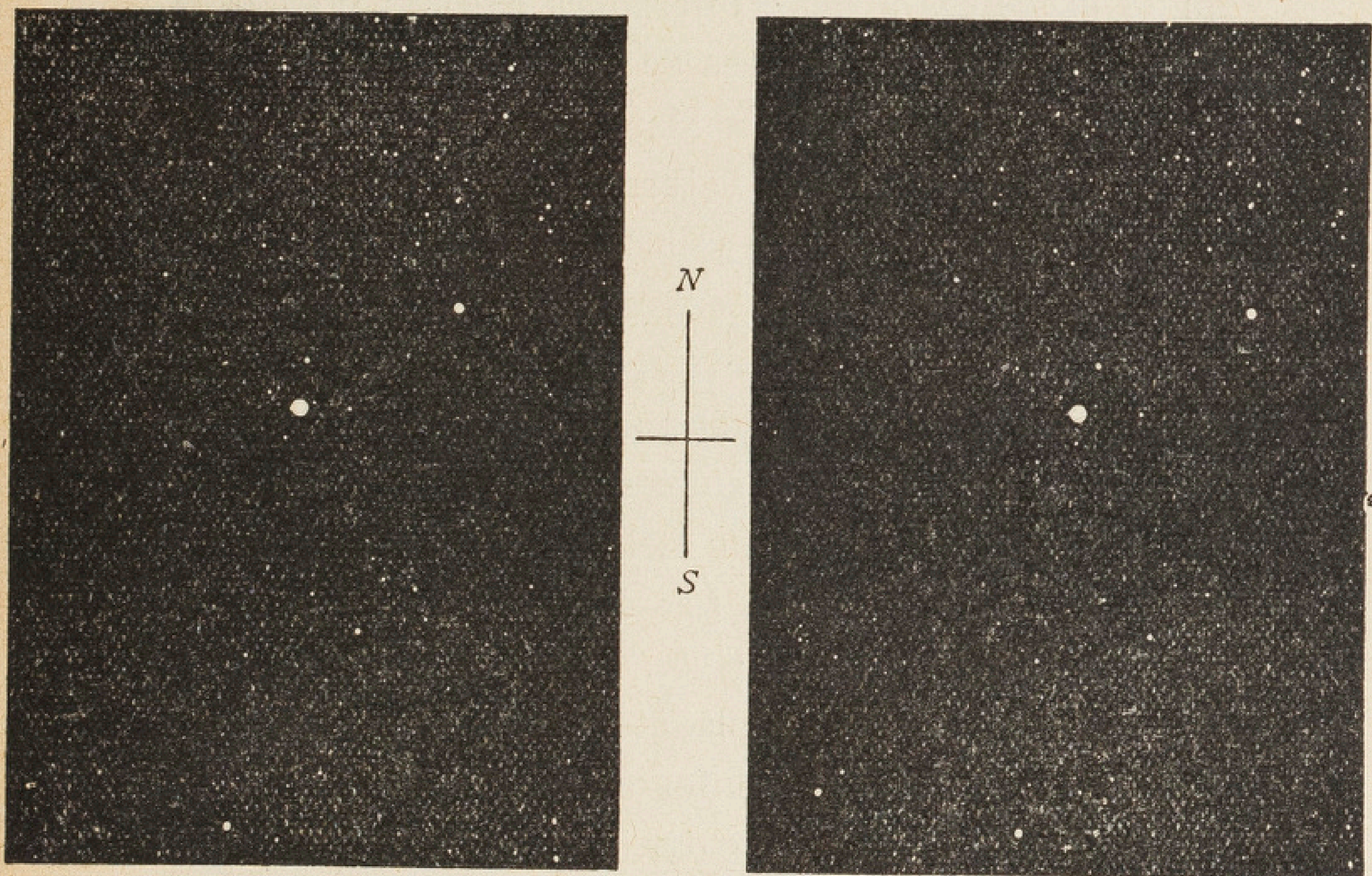


Fig. 102. — Saturne dans la constellation du Serpentaire.

MM. Lœwy et Puiseux, est parvenu, à l'aide de son stéréo-comparateur, à dresser les courbes de niveau du sol lunaire, désormais mieux connu que certaines régions de notre propre globe.

La même méthode de mesure a été appliquée au

soleil et a révélé la structure réelle de ses taches. On utilise, dans ce cas, la rotation du globe solaire, qui tourne sur lui-même en 25 jours environ.

La forme sphérique des planètes est également mise en évidence, dans le stéréoscope, à l'aide de photographies exécutées à deux intervalles calculés d'après la vitesse de rotation. Warren de la Rue avait fixé ces intervalles à 2 heures pour Mars et à 26 minutes pour Jupiter. Deux images de Saturne, prises à 3 ans et demi d'intervalle, montrent en relief ses anneaux, nettement détachés du globe qu'ils entourent.

La stéréoscopie facilite singulièrement la recherche des petites planètes, difficilement visibles au télescope. Il suffit de placer dans le stéréoscope deux clichés représentant la même région du ciel, mais pris à un ou plusieurs jours d'intervalle. Les étoiles fixes y occupent les mêmes positions relatives, et leurs images se confondent ; mais, si une planète s'est trouvée dans le champ de la lunette photographique, le mouvement propre qu'elle a accompli entre la première et la seconde pose la fait paraître fortement en relief. Depuis que M. Max Wolf, de Heidelberg, a imaginé cette méthode d'investigation, plus de 500 planètes ont été découvertes.

La figure 102 reproduit un stéréogramme composé en juxtaposant deux photographies de la même région du ciel, dans la constellation du Serpentaire, exécutées à 24 heures d'intervalle. A l'examen binoculaire, la pla-

nète Saturne se détache nettement du fond et plane librement dans l'espace, en avant des étoiles infiniment plus éloignées.

8. — Photographie aérienne

La prise des documents topographiques est aujourd'hui considérablement facilitée par les progrès de l'aéronautique. Pendant la guerre, l'aviation française a recueilli, à elle seule, plus de 500.000 clichés, et un grand nombre de ces documents constituent des couples stéréoscopiques. Naturellement, aux distances qui séparent l'opérateur du sujet, si l'on emploie une chambre noire bicellulaire, avec des objectifs séparés l'un de l'autre comme le sont nos yeux, il est nécessaire de recourir à la méthode de Wenz (v. page 92). Les deux vues sont donc prises, non pas simultanément, mais à des intervalles qui dépendent de la hauteur de l'avion et de sa vitesse. A l'altitude de 3.000 mètres, par exemple, et avec des objectifs de 50 centimètres de foyer, les deux points de vue peuvent être espacés de 400 mètres. On réalise ainsi un relief quelque peu exagéré, mais qui n'en sert que mieux à mettre clairement en évidence les moindres accidents de terrain. Cette méthode a fait ses preuves : elle a révélé maints détails qui, sans elle, seraient restés inaperçus, et souvent elle a déjoué les plus habiles camouflages.

De prime abord, il semble difficile de préciser, dans

chaque cas, l'intervalle à laisser entre les deux prises de vues, d'après l'altitude de l'avion, sa vitesse et le foyer de l'objectif. De fait, le calcul serait un peu long ; mais on le remplace, en pratique, par des abaques, des graphiques où l'on trouve immédiatement les indications requises. L'opération s'effectue d'ailleurs avant l'ascension, lors de la préparation d'une reconnaissance. L'observateur, ayant choisi son itinéraire et l'altitude qu'il se propose d'atteindre, évalue sa vitesse approximative par rapport au sol, d'après les renseignements météorologiques. Il détermine alors, en consultant l'abaque, la base optimum pour avoir un bon relief, ainsi que le nombre de secondes qui devront s'écouler entre deux prises de vues.

Quand il s'agit de plans à prendre d'une grande hauteur, on peut employer un appareil monocellulaire disposé verticalement. Un magasin à plaques ordinaire est généralement suffisant pour que la substitution d'un cliché à l'autre soit effectuée assez rapidement. Il n'en est plus de même dans le cas des opérations à basse altitude ou dans l'exécution des vues panoramiques, où il faut nécessairement faire usage de chambres noires doubles, les deux poses devant alors se succéder beaucoup plus vite.

L'exécution des vues panoramiques ou obliques exige :

1° Que l'appareil fasse un angle constant avec l'horizon ;

2° Que les deux axes de visée soient parallèles ;

3° Que les deux stations de prise soient relativement peu écartées.

Les deux premières conditions sont réalisées en fixant l'appareil, dans la carlingue, dans une position perpendiculaire à la marche de l'avion. Le pilote n'a alors qu'à longer le front à l'altitude et à la distance qui sont indiquées. L'observateur, arrivé en vue du sujet, n'a plus qu'à prendre les deux photographies, les deux poses séparées par l'intervalle de temps calculé ou donné par l'abaque. Cet intervalle est souvent trop bref pour que l'on ait le temps d'escamoter la plaque et de réarmer l'obturateur. C'est pourquoi l'on emploie, en pareil cas, des appareils couplés permettant d'effectuer les deux déclenchements dans un temps très court.

Il n'entre pas dans le cadre de ce livre de donner de plus amples détails sur cette application de la stéréophotographie. Les lecteurs que cette question intéresserait plus particulièrement pourront se reporter aux ouvrages spéciaux qui lui sont consacrés, notamment à *La Photographie aérienne*, par M. A.-H. Carlier (1). Nous nous bornerons seulement à indiquer, d'après cet auteur, les renseignements que sont susceptibles de fournir aux armées les photographies aériennes binoculaires.

Panoramique, le stéréogramme permet, en différentiant les plans, d'étudier les zones défilées, les organisations ennemies à contre-pentes, les zones inaccessibles

(1) DELAGRAVE, éditeur.

au tir. Pris sur de grandes surfaces, il sert à rectifier les courbes de niveau ; il explique pourquoi l'ennemi suit un chemin plutôt qu'un autre ; il aide à suivre le tracé d'un nouveau chemin de fer.

Etabli avec des photographies à grande échelle, le stéréogramme couvre peu de surface de terrain, mais il permet d'étudier :

En première ligne, le degré de résistance de la tranchée ; le nombre et la capacité approximative des abris, par l'estimation des terres de déblai rejetées ; les emplacements de mitrailleuses, par l'étude de leurs champs d'action, l'examen binoculaire révélant le moindre vallonnement du terrain, intraduisible sur aucune carte.

En deuxième position, le couple stéréoscopique aide à placer à coup sûr les observatoires d'infanterie, les postes d'émission optique et les postes de commandement.

Plus en arrière, ce document permet d'étudier à fond chaque emplacement de batterie, son mode de construction (casematée, en surface ou enterrée), son degré de résistance et l'attribution du calibre dont elle est justiciable.

D'une façon générale, enfin, le stéréogramme met en évidence le moindre chemin creux, le plus petit ravin, la carrière aménagée ou non, tout ce qui peut masquer une contre-attaque, tous les obstacles qui, au cours d'une avance, risquent de coûter très cher s'ils ne sont pas prévus et minutieusement étudiés.

Ce rapide aperçu donne une idée de l'importance capitale, au point de vue militaire, de l'exécution et de l'analyse approfondie du document stéréoscopique.

9. — **Photo-stéréo-synthèse**

Le 8 novembre 1920, une communication de M. Louis Lumière à l'Académie des sciences faisait connaître un nouveau moyen de représenter le relief sur des plaques photographiques quelconques, sans interposition de réseaux ni d'oculaires. Ce procédé consiste à photographier le modèle plusieurs fois, en limitant, à chaque pose, la netteté de la reproduction à un seul plan, ou du moins à une très faible épaisseur. Les images produites de la sorte, tirées en diapositifs, sont ensuite placées l'une devant l'autre, et leur superposition reconstitue les reliefs du modèle. Cette reconstitution a reçu de son inventeur le nom de *photo-stéréo-synthèse*. Théoriquement, elle exigerait l'exécution d'un grand nombre d'images, et même d'une infinité ; mais, en pratique, on se contente d'un petit nombre d'éléments, six ou sept, par exemple.

Pour limiter, sur chaque image, la netteté à une très faible épaisseur, il fallait réaliser un système optique caractérisé par une profondeur de champs extrêmement restreinte. La première idée qui devait se présenter était donc d'employer un objectif à très grande ouverture ; mais, en fait, les instruments photogra-

phiques les plus lumineux, les doublets de Petzval ouverts à F : 2, se trouvaient encore insuffisants pour

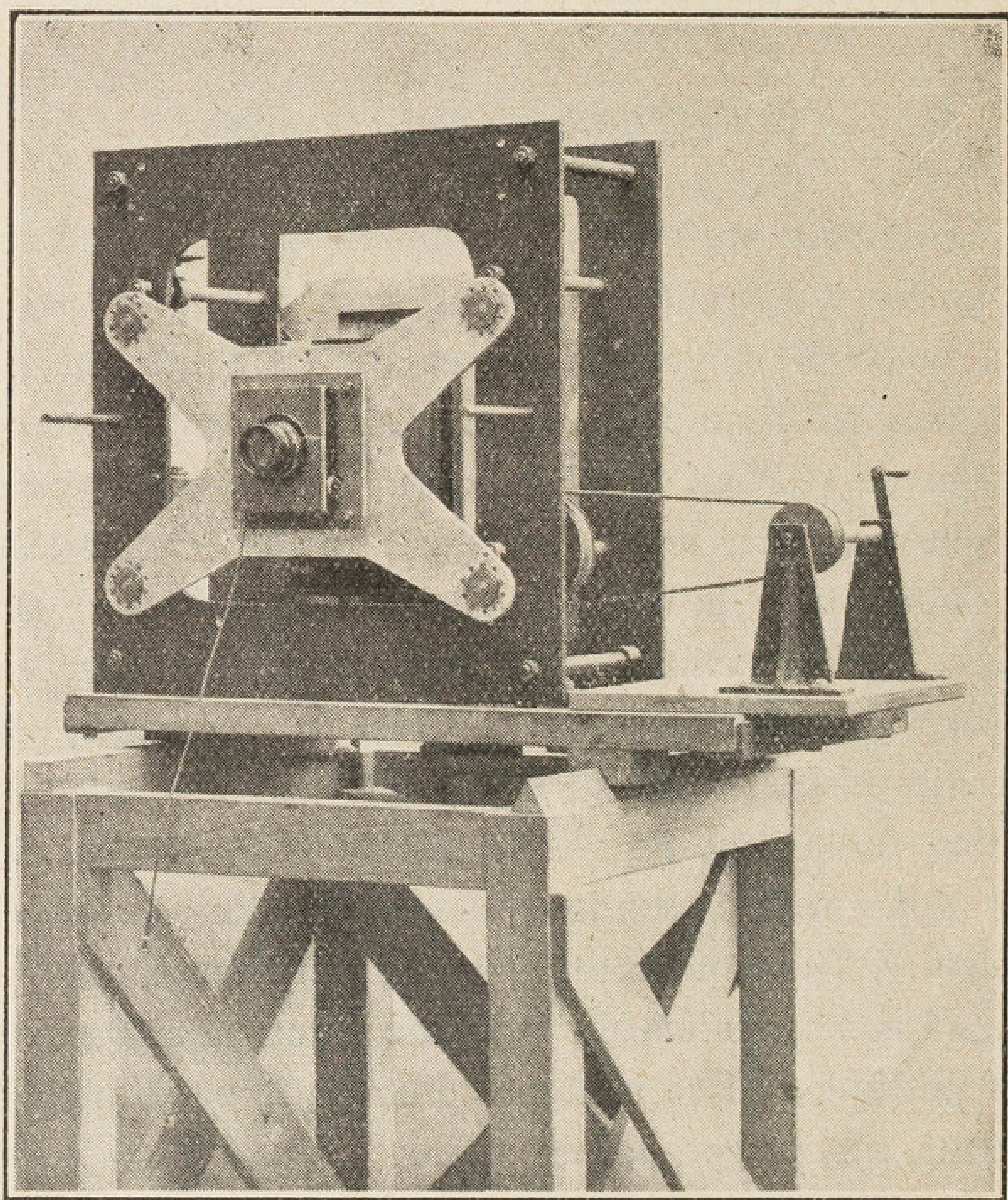


Fig. 103. — Appareil L. Lumière pour la photo-stéréo-synthèse (Vue avant).

réaliser convenablement les conditions requises. M. Louis Lumière a donc été amené à agrandir fictivement l'ouverture d'un objectif ordinaire, ou plutôt à en

réduire artificiellement la profondeur de champ, en lui faisant décrire, pendant la pose, un mouvement

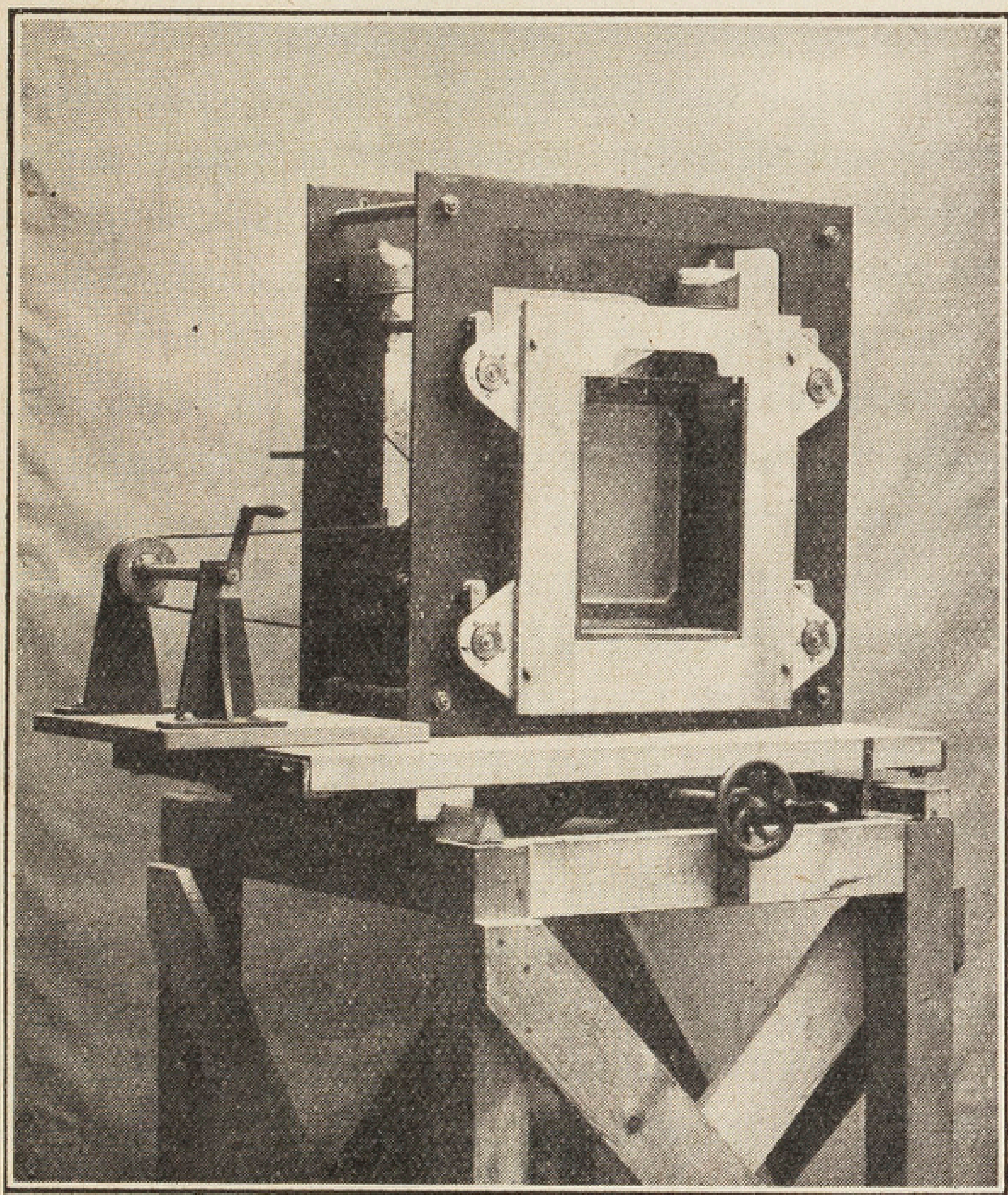


Fig. 104. — Appareil L. Lumière (Vue arrière).

de rotation autour d'un axe parallèle à l'axe optique principal.

Mais, si l'on déplace ainsi l'objectif, l'image ne sera

nette nulle part, à moins de compenser ces mouvements par quelque artifice mécanique ou optique. A cet effet, M. Lumière a essayé plusieurs dispositifs, dont le plus pratique est représenté par les figures 103 et 104. La planchette porte-objectif et le châssis contenant la plaque sont reliés par un soufflet et portés par des manivelles inégales, qui leur font simultanément décrire des cercles de diamètres différents. Ce mouvement est commandé par une poulie reliée à une manivelle. La chambre noire reçoit des plaques 18 × 24, et le modèle est photographié en demi-grandeur. Les manivelles antérieures ont 4 centimètres de rayon ; les autres, 6 centimètres : l'objectif décrit donc un cercle de 8 centimètres de diamètre, et la plaque un cercle de 12 centimètres. Dans ces conditions, tous les points situés dans le plan de netteté conservent sur la plaque la même position, tandis que tous les points situés en avant ou en arrière de ce plan se déplacent et n'inscrivent qu'une traînée d'autant plus floue qu'ils sont plus éloignés du seul plan nettement photographié.

Sept clichés sont successivement exécutés, sans modifier le tirage de la chambre noire, mais en changeant chaque fois la distance qui sépare l'appareil du modèle, de manière à faire progressivement passer le plan de netteté de l'avant à l'arrière du sujet. Les sept négatifs ainsi obtenus, on tire de chacun d'eux un diapositif *très faible*, de façon que la superposition de ces sept images transparentes forme une image com-

posite dont l'intensité totale soit celle d'un diapositif ordinaire. Ces plaques sont disposées l'une derrière l'autre, avec un léger écart entre elles, dans un cadre en bois, qui contient aussi un verre dépoli diffuseur. L'ensemble a une épaisseur totale de 6 à 7 centimètres. Si on le regarde normalement aux plans des images et à une distance convenable, l'impression de relief est absolument saisissante.

La figure 105 reproduit les sept éléments d'une photo-stéréo-synthèse. En examinant ces photographies, on vérifiera que le plan de netteté passe de l'avant à l'arrière : sur la première image (en haut, à gauche), le bout du nez et quelques cheveux sont les seules parties bien définies : tout le reste est flou ; sur la deuxième, le champ de netteté se limite au lorgnon et aux lèvres ; puis il recule encore, sur les épreuves suivantes, passant tour à tour aux yeux, aux joues, au menton, à la fourrure, et enfin à l'oreille.

Evidemment, la photo-stéréo-synthèse ne semble pas appelée à supplanter le stéréoscope, d'application plus simple, surtout pour les sujets animés. Cependant, elle offre des avantages tout particuliers, dans certaines applications, et notamment en microphotographie ; d'autant plus que, dans ce cas, elle n'exige pas un appareil spécial, la profondeur de champ des objectifs de microscopes étant suffisamment restreinte pour différentier nettement les plans successifs dont la reproduction doit former l'image composite. Celle-ci est



Fig. 105. — Les sept éléments d'une photo-stéréo-synthèse.

constituée par la superposition de six ou sept diapositifs faiblement développés, dont les couches de gélatine doivent être séparées l'une de l'autre par un intervalle égal à celui qui séparait les différents plans photographiés, multiplié par le grossissement utilisé. Par exemple dans le cas d'une amplification de 30 diamètres, si l'on a déplacé le microscope de 1/10 de millimètre à chaque nouvelle pose, la distance entre les plans de deux images consécutives devra être de 3 millimètres. Le modèle ainsi reproduit paraîtra alors en relief exact.

M. F. Bastin, à qui est due cette application de la photo-stéréo-synthèse, a photographié, entre autres, une petite mouche de 4 millimètres de longueur, placée de profil sur le porte-objet d'un microscope utilisé sans oculaire. L'objectif avait 24 millimètres de foyer, avec une ouverture numérique de 0,21. L'épaisseur du modèle étant de 1 millimètre 3 et le tirage de la chambre réglé pour un grossissement de 10 diamètres, on a pris successivement six clichés, le premier étant mis au point sur le plan antérieur et l'objectif étant ensuite avancé, pour chaque cliché suivant, de $0^{mm}25$, par la manœuvre de la vis micrométrique. Les diapositifs tirés de ces clichés ont été empilés dans l'ordre de la prise des vues et séparés par des bandelettes de carton mince, de façon que les plans successifs soient écartés l'un de l'autre de $2^{mm}1/2$. L'image antérieure est protégée par un verre de doublure, et le tout maintenu assemblé par un bordage de papier aiguille.

L'effet de relief ainsi réalisé va jusqu'au trompe-l'œil : on croirait vraiment voir le modèle lui-même, considérablement grossi.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

Le Stéréoscope

CHAPITRE II

Matériel stéréophotographique

CHAPITRE III

Opérations

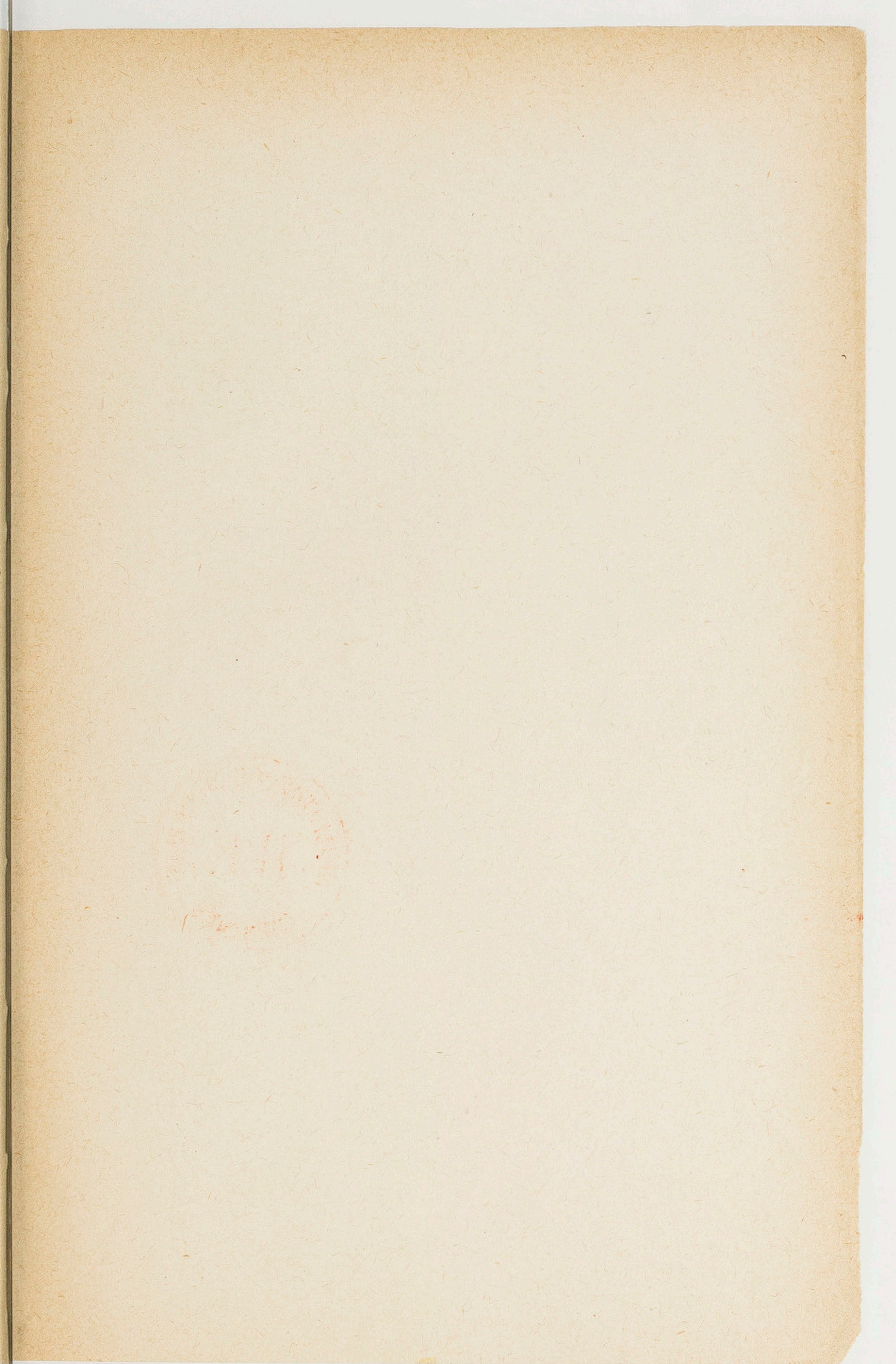
CHAPITRE IV

La Stéréoscopie en couleurs

CHAPITRE V

Procédés spéciaux

TOURS — R. ET P. DESLIS 30-10-1925



Extrait du CATALOGUE de la

LIBRAIRIE J. DE FRANCIA, Succr de CH. MENDEL

118bis, RUE D'ASSAS, PARIS

TRAITÉS GÉNÉRAUX

CH. MENDEL. — Traité Pratique et Élémentaire à l'usage des débutants. — Cet ouvrage est indispensable à tous ceux qui veulent devenir rapidement d'excellents praticiens. Il décrit en termes clairs et précis, sans inutile phraséologie pseudo-scientifique, toutes les opérations, depuis le chargement de l'appareil jusqu'à l'obtention de l'épreuve positive. L'amateur y trouvera toutes formules et indications pratiques dont il a besoin, pour développement, virage, renforcement, calcul du temps de pose, etc. — Un vol. 100 pages, broché.................... **2** fr. »

COUSTET (ERNEST). — Traité général de Photographie en noir et en couleurs. — *Nouvelle édition* (7e). — Ouvrage très complet où sont exposés avec une remarquable clarté les derniers progrès de la Photographie. Véritable encyclopédie de grand intérêt pratique pour les amateurs soucieux de se perfectionner. — Un vol. de 522 pages in-8°. Broché : **10** fr. Relié toile.................... **14** fr. »

CARTERON (J.). — Les débuts d'un Amateur. Exposé, sous une forme méthodique et simple, de toutes les connaissances utiles à un amateur. — 250 pages avec illustrations.................... **5** fr. »

TRAITÉS SPÉCIAUX. — CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE

BOURÉE (H.). — Les Agrandissements en Photographie. — Pourquoi il faut agrandir. Comment il faut agrandir. — Planches et hors-texte explicatifs.. **3** fr. **75**

COLARDEAU (E.). — Traité général de Stéréoscopie. — Édition de grand luxe, format 16 × 25 de 200 pages, avec 150 illustrations. Ce livre est incontestablement l'ouvrage le plus complet qui ait été publié sur la Stéréoscopie.......... **27** fr. »

COUSTET (ERNEST). — La Photographie Stéréoscopique en noir et en couleurs. — Les amateurs trouveront décrits dans ce nouveau traité, les perfectionnements les plus récents et les méthodes les plus pratiques, avec la remarquable clarté qui caractérise le talent de M. *Coustet*. — Un beau volume de 228 pages avec 100 figures.................... **9** fr. »

DUCOS DU HAURON. — La Photographie indirecte des Couleurs..... **2** fr. **50**

GAILLARD (CH.). — La Photographie au Charbon.................... **4** fr. »

MATHET. — Traité général de Chimie Photographique. — Tome I. **16** fr. — Tome II. **24** fr. *L'ouvrage le plus complet sur la matière.*

MARTIN-SABON. — La Photographie des Monuments et des Œuvres d'Art. — Édition de luxe. 102 p. 19 × 26, avec 24 pl. hors texte en phototypie..... **20** fr. »

SCHWEITZER. — Entretiens familiers sur la Théorie des Opérations Photographiques, 188 pages.................... **7** fr. »

SCHWEITZER (G.). — Entretiens familiers sur la Chimie Photographique. — Donnant la solution de tous les problèmes que soulève la fixation de l'image photographique ainsi qu'une étude raisonnée des produits utilisés en photographie. — Un vol. broché de 204 pages in-8° avec figures.................... **15** fr.

PETITE BIBLIOTHÈQUE DE PHOTO-REVUE

Comprend plus de 75 volumes dont chacun représente une étude complète sur un sujet spécial et dont l'équivalent ne se trouve pas dans les manuels les plus complets : **Développement lent, Gomme bichromatée, Photographie sans objectif, Le procédé bromoïl,** etc. — Prix : **1** fr. **50** le volume.

TOURS — R. ET P. DESLIS

E. COUSTET. — LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE